

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

WO 00/31758
PCT/FR99/02771

PCT

AVIS INFORMANT LE DEPOSANT DE LA COMMUNICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE AUX OFFICES DESIGNES

(règle 47.1.c), première phrase, du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

BREESE, Pierre
Breese-Majerowicz
3, avenue de l'Opéra
F-75001 Paris
FRANCE

13 JUIN 2000

Date d'expédition (jour/mois/année) 02 juin 2000 (02.06.00)		
Référence du dossier du déposant ou du mandataire M2B51PCT		AVIS IMPORTANT
Demande internationale no PCT/FR99/02771	Date du dépôt international (jour/mois/année) 10 novembre 1999 (10.11.99)	Date de priorité (jour/mois/année) 20 novembre 1998 (20.11.98)
Déposant MOVING MAGNET TECHNOLOGIES (S.A.) etc		

1. Il est notifié par la présente qu'à la date indiquée ci-dessus comme date d'expédition de cet avis, le Bureau international a communiqué, comme le prévoit l'article 20, la demande internationale aux offices désignés suivants:

JP,US

Conformément à la règle 47.1.c), troisième phrase, ces offices acceptent le présent avis comme preuve déterminante du fait que la communication de la demande internationale a bien eu lieu à la date d'expédition indiquée plus haut, et le déposant n'est pas tenu de remettre de copie de la demande internationale à l'office ou aux offices désignés.

2. Les offices désignés suivants ont renoncé à l'exigence selon laquelle cette communication doit être effectuée à cette date:

EP

La communication sera effectuée seulement sur demande de ces offices. De plus, le déposant n'est pas tenu de remettre de copie de la demande internationale aux offices en question (règle 49.1a-bis)).

3. Le présent avis est accompagné d'une copie de la demande internationale publiée par le Bureau international le 02 juin 2000 (02.06.00) sous le numéro WO 00/31758

RAPPEL CONCERNANT LE CHAPITRE II (article 31.2)a) et règle 54.2)

Si le déposant souhaite reporter l'ouverture de la phase nationale jusqu'à 30 mois (ou plus pour ce qui concerne certains offices) à compter de la date de priorité, la **demande d'examen préliminaire international** doit être présentée à l'administration compétente chargée de l'examen préliminaire international avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité.

Il appartient exclusivement au déposant de veiller au respect du délai de 19 mois.

Il est à noter que seul un déposant qui est ressortissant d'un Etat contractant du PCT lié par le chapitre II ou qui y a son domicile peut présenter une demande d'examen préliminaire international.

RAPPEL CONCERNANT L'OUVERTURE DE LA PHASE NATIONALE (article 22 ou 39.1))

Si le déposant souhaite que la demande internationale procède en phase nationale, il doit, dans le délai de 20 mois ou de 30 mois, ou plus pour ce qui concerne certains offices, accomplir les actes mentionnés dans ces dispositions auprès de chaque office désigné ou élu.

Pour d'autres informations importantes concernant les délais et les actes à accomplir pour l'ouverture de la phase nationale, voir l'annexe du formulaire PCT/IB/301 (Notification de la réception de l'exemplaire original) et le volume II du Guide du déposant du PCT.

<p>Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse</p> <p>no de télécopieur (41-22) 740.14.35</p>	<p>Fonctionnaire autorisé</p> <p>J. Zahra</p> <p>no de téléphone (41-22) 338.83.38</p>
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 99/02771

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01F7/16 H01F7/17

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 30 37 648 A (JENOPTIK JENA GMBH) 30 April 1981 (1981-04-30) page 22, last paragraph -page 23, paragraph 1	1-4
X	US 5 062 095 A (YANAGISAWA MICHIO ET AL) 29 October 1991 (1991-10-29) column 4, line 25 -column 6, line 50; figures 1-8	1-4, 7-10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 085 (E-591), 17 March 1988 (1988-03-17) & JP 62 221856 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP), 29 September 1987 (1987-09-29) abstract	11-15
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 January 2000

Date of mailing of the international search report

28/01/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Vanhulle, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. l. Application No

PCT/FR 99/02771

C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 221 228 A (TRIUMPH ADLER AG) 13 May 1987 (1987-05-13)	
A	EP 0 091 685 A (POLAROID CORP) 19 October 1983 (1983-10-19)	
A	US 4 602 848 A (HONDS LEO ET AL) 29 July 1986 (1986-07-29)	
A	US 5 600 189 A (VAN GEEL JOHANNES M A M ET AL) 4 February 1997 (1997-02-04)	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/02771

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3037648 A	30-04-1981	DD 146525 A JP 56088666 A	11-02-1981 18-07-1981
US 5062095 A	29-10-1991	JP 1294234 A JP 2699438 B FR 2640828 A NL 8900188 A JP 1158629 A JP 2699426 B	28-11-1989 19-01-1998 22-06-1998 16-02-1990 21-06-1989 19-01-1998
JP 62221856 A	29-09-1987	JP 1978303 C JP 7014269 B	17-10-1995 15-02-1995
EP 0221228 A	13-05-1987	DE 3538017 A JP 62104468 A	30-04-1987 14-05-1987
EP 0091685 A	19-10-1983	US 4458227 A AT 28954 T CA 1190582 A JP 58186913 A	03-07-1984 15-08-1987 16-07-1985 01-11-1983
US 4602848 A	29-07-1986	DE 3234288 A EP 0103929 A JP 1867061 C JP 5074133 B JP 59072658 A	22-03-1984 28-03-1984 26-08-1994 15-10-1993 24-04-1984
US 5600189 A	04-02-1997	DE 69501251 D DE 69501251 T EP 0723717 A WO 9602972 A JP 9503379 T	29-01-1998 04-06-1998 31-07-1996 01-02-1996 31-03-1997

PCT

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire M2B51PCT	POUR SUITE voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après A DONNER	
Demande internationale n° PCT/FR 99/ 02771	Date du dépôt international (jour/mois/année) 10/11/1999	(Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 20/11/1998
Déposant MOVING MAGNET TECHNOLOGIES (S.A.) et al.		

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

Ce rapport de recherche internationale comprend 3 feuilles.



Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

1. Base du rapport

- a. En ce qui concerne la **langue**, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.
- ☐ la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.
- b. En ce qui concerne **les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :
- ☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.
- ☐ déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.
- ☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).

3. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

4. En ce qui concerne le **titre**,



le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.



Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

5. En ce qui concerne l'**abrégi**,



le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant



le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

6. La figure **des dessins** à publier avec l'abrégi est la Figure n°



suggérée par le déposant.



parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.



parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

2



Aucune des figures n'est à publier.

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01F7/16 H01F7/17

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 30 37 648 A (JENOPTIK JENA GMBH) 30 avril 1981 (1981-04-30) page 22, dernier alinéa -page 23, alinéa 1 ---	1-4
X	US 5 062 095 A (YANAGISAWA MICHIO ET AL) 29 octobre 1991 (1991-10-29) colonne 4, ligne 25 -colonne 6, ligne 50; figures 1-8 ---	1-4, 7-10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 085 (E-591), 17 mars 1988 (1988-03-17) & JP 62 221856 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP), 29 septembre 1987 (1987-09-29) abrégé ---	11-15
A	EP 0 221 228 A (TRIUMPH ADLER AG) 13 mai 1987 (1987-05-13) ---	
	--- -/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

20 janvier 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

28/01/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Vanhulle, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/02771

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3037648 A	30-04-1981	DD 146525 A JP 56088666 A	11-02-1981 18-07-1981
US 5062095 A	29-10-1991	JP 1294234 A JP 2699438 B FR 2640828 A NL 8900188 A JP 1158629 A JP 2699426 B	28-11-1989 19-01-1998 22-06-1998 16-02-1990 21-06-1989 19-01-1998
JP 62221856 A	29-09-1987	JP 1978303 C JP 7014269 B	17-10-1995 15-02-1995
EP 0221228 A	13-05-1987	DE 3538017 A JP 62104468 A	30-04-1987 14-05-1987
EP 0091685 A	19-10-1983	US 4458227 A AT 28954 T CA 1190582 A JP 58186913 A	03-07-1984 15-08-1987 16-07-1985 01-11-1983
US 4602848 A	29-07-1986	DE 3234288 A EP 0103929 A JP 1867061 C JP 5074133 B JP 59072658 A	22-03-1984 28-03-1984 26-08-1994 15-10-1993 24-04-1984
US 5600189 A	04-02-1997	DE 69501251 D DE 69501251 T EP 0723717 A WO 9602972 A JP 9503379 T	29-01-1998 04-06-1998 31-07-1996 01-02-1996 31-03-1997

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 091 685 A (POLAROID CORP) 19 octobre 1983 (1983-10-19) ----	
A	US 4 602 848 A (HONDS LEO ET AL) 29 juillet 1986 (1986-07-29) ----	
A	US 5 600 189 A (VAN GEEL JOHANNES M A M ET AL) 4 février 1997 (1997-02-04) -----	

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

NOTIFICATION DE L'ENREGISTREMENT
D'UN CHANGEMENT

(règle 92bis.1 et
instruction administrative 422 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

BREESE, Pierre
Breese-Majerowicz
3, avenue de l'Opéra
F-75001 Paris
FRANCE

Date d'expédition (jour/mois/année)
26 juillet 2001 (26.07.01)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire
M2B51PCT

NOTIFICATION IMPORTANTE

Demande internationale no
PCT/FR99/02771

Date du dépôt international (jour/mois/année)
10 novembre 1999 (10.11.99)

1. Les renseignements suivants étaient enregistrés en ce qui concerne:

☒ le déposant ☐ l'inventeur ☐ le mandataire ☐ le représentant commun

Nom et adresse

MOVING MAGNET TECHNOLOGIES (S.A.)
78, avenue Clémenceau
F-25000 Besançon
FRANCE

Nationalité (nom de l'Etat)

FR

Domicile (nom de l'Etat)

FR

no de téléphone

no de télécopieur

no de téléimprimeur

2. Le Bureau international notifie au déposant que le changement indiqué ci-après a été enregistré en ce qui concerne:

☐ la personne ☐ le nom ☒ l'adresse ☐ la nationalité ☐ le domicile

Nom et adresse

MOVING MAGNET TECHNOLOGIES (S.A.)
Zac La Fayette
1, rue Christiaan Huygens
F-25000 Besançon
FRANCE

Nationalité (nom de l'Etat)

FR

Domicile (nom de l'Etat)

FR

no de téléphone

no de télécopieur

no de téléimprimeur

3. Observations complémentaires, le cas échéant:

4. Une copie de cette notification a été envoyée:

☒ à l'office récepteur ☐ aux offices désignés concernés
☐ à l'administration chargée de la recherche internationale ☒ aux offices élus concernés
☒ à l'administration chargée de l'examen préliminaire international ☐ autre destinataire:

Bureau international de l'OMPI
34, chemin des Colombettes
1211 Genève 20, Suisse

Fonctionnaire autorisé:

Philippe Bécamel

no de télécopieur (41-22) 740.14.35

no de téléphone (41-22) 338.83.38

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

NOTIFICATION D'ELECTION

(règle 61.2 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

Assistant Commissioner for Patents
United States Patent and Trademark
Office
Box PCT
Washington, D.C.20231
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

en sa qualité d'office élu

Date d'expédition

02 juin 2000 (02.06.00)

Demande internationale no:

PCT/FR99/02771

Référence du dossier du déposant ou du mandataire:

M2B51PCT

Date du dépôt international:

10 novembre 1999 (10.11.99)

Date de priorité:

20 novembre 1998 (20.11.98)

Déposant:

GANDEL, Pierre etc

1. L'office désigné est avisé de son élection qui a été faite:



dans la demande d'examen préliminaire international présentée à l'administration chargée de l'examen préliminaire international le:

13 avril 2000 (13.04.00)



dans une déclaration visant une élection ultérieure déposée auprès du Bureau international le:

2. L'élection



a été faite



n'a pas été faite

avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou, lorsque la règle 32 s'applique, dans le délai visé à la règle 32.2b).

Bureau international de l'OMPI
34, chemin des Colombettes
1211 Genève 20, Suisse

no de télécopieur: (41-22) 740.14.35

Fonctionnaire autorisé:

J. Zahra

no de téléphone: (41-22) 338.83.38

330793



Référence du dossier du déposant ou du mandataire M2B51PCT	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)	
Demande internationale n° PCT/FR99/02771	Date du dépôt international (jour/mois/année) 10/11/1999	Date de priorité (jour/mois/année) 20/11/1998
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB H01F7/16		
Déposant MOVING MAGNET TECHNOLOGIES (S.A.) et al.		

- Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.
- Ce RAPPORT comprend 4 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.
 - ☒ Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).

Ces annexes comprennent 34 feuilles.

- Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:

- I ☒ Base du rapport
- II ☐ Priorité
- III ☐ Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- IV ☐ Absence d'unité de l'invention
- V ☒ Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- VI ☐ Certains documents cités
- VII ☐ Irrégularités dans la demande internationale
- VIII ☐ Observations relatives à la demande internationale

Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 13/04/2000	Date d'achèvement du présent rapport 27.04.2001
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé Van den Berg, G N° de téléphone +49 89 2399 2499 

RAPPORT D'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL

Demande internationale n° PCT/FR99/02771

I. Base du rapport

1. En ce qui concerne les **éléments** de la demande internationale (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées dans le présent rapport comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications (règles 70.16 et 70.17)*):

Description, pages:

1-30 reçue(s) le 28/03/2001 avec la lettre du 27/03/2001

Revendications, N°:

1-16 reçue(s) le 28/03/2001 avec la lettre du 27/03/2001

Dessins, feuilles:

1/15-15/15 version initiale

2. En ce qui concerne la **langue**, tous les éléments indiqués ci-dessus étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue dans laquelle la demande internationale a été déposée, sauf indication contraire donnée sous ce point.

Ces éléments étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue suivante: , qui est :

- ☐ la langue d'une traduction remise aux fins de la recherche internationale (selon la règle 23.1(b)).
- ☐ la langue de publication de la demande internationale (selon la règle 48.3(b)).
- ☐ la langue de la traduction remise aux fins de l'examen préliminaire internationale (selon la règle 55.2 ou 55.3).

3. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acide aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), l'examen préliminaire internationale a été effectué sur la base du listage des séquences :

- ☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.
- ☐ déposé avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences par écrit et fourni ultérieurement ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.
- ☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences Présenté par écrit, a été fournie.

4. Les modifications ont entraîné l'annulation :

**RAPPORT D'EXAMEN
PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/02771

- ☐ de la description, pages :
☐ des revendications, n°s :
☐ des dessins, feuilles :

5. ☒ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

(Toute feuille de remplacement comportant des modifications de cette nature doit être indiquée au point 1 et annexée au présent rapport)
voir feuille séparée

6. Observations complémentaires, le cas échéant :

V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui : Revendications 1 - 15 Non : Revendications
Activité inventive	Oui : Revendications 1 - 15 Non : Revendications
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications 1 - 15 Non : Revendications

2. Citations et explications
voir feuille séparée

To point I:

Le présent rapport a été formulé abstraction faite des modifications, qui sont considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé. Il n'est pas clair sur quel part de la demande dans la version initiale l'objet de la revendication 16 se fonde.

Point V:

1. (Nouveauté) L'objet de la revendication 1 est nouveau, par ce qu'aucun document cité dans le rapport de recherche international ne décrit un actionneur bidirectionnel utilisant un aimant mobile unique en combinaison avec un première et deuxième entrefer secondaire pour le déplacement dudit aimant (Article 33(2) PCT).
2. (Activité inventive) L'objet de la revendication 1 n'est pas suggéré non plus par l'état de la technique cité dans le rapport de recherche international. Aucun document (seul ou en combinaison avec un autre document) ne suggère de prévoir un actionneur bidirectionnel utilisant un aimant mobile unique en combinaison avec un première et deuxième entrefer secondaire afin de permettre de commander le positionnement d'un organe selon deux degrés de liberté avec des signaux de commande simple (Article 33(3) PCT).
3. (Application industrielle) L'objet des revendications 1 - 15 remplit aux exigences de l'article 33(3) PCT.

ACTIONNEURS BIDIRECTIONNELS

La présente invention concerne le domaine des actionneurs électromagnétiques.

On connaît des actionneurs unidirectionnels
5 mettant en œuvre une structure statorique excitée par une bobine électrique, produisant un flux magnétique variable assurant le positionnement d'un aimant mobile. A titre d'exemple, le brevet US4,918,987 décrit un tel actionneur comportant un stator présentant deux pôles entourés chacun
10 par une bobine. L'aimant mobile est soumis à une force linéaire en fonction du flux généré par les bobines.

On connaît également le brevet allemand DE3037648 décrivant un actionneur bidimensionnel qui peut comporter soit des bobines mobiles soit des aimants
15 mobiles. La solution comportant des bobines mobiles n'est pas satisfaisante car elle induit des coûts d'industrialisation élevés. La solution décrite comportant des aimants mobiles nécessite l'utilisation de 8 aimants mobiles. Une telle architecture nécessite des signaux de
20 commande multiples et des traitements informatiques pour le pilotage de la position en XY.

On connaît également le brevet US5062055 qui concerne les actionneurs électromagnétiques produisant à la fois un mouvement de rotation et un mouvement de
25 translation. Un tel actionneur de l'état de la technique comprend un aimant cylindrique ayant des frontières d'aimantation dans la direction périphérique et dans la direction axiale, dans lequel une aimantation multipolaire est établie dans la direction axiale, et des culasses
30 portant des bobines comportant des pôles magnétiques situés face aux frontières d'aimantation. Un tel actionneur utilise un aimant possédant plusieurs paires de pôles avec des directions d'aimantation perpendiculaires les unes par rapport aux autres.

35 Le but de la présente invention est de proposer

un actionneur permettant de commander le positionnement d'un organe selon deux degrés de liberté, par exemple dans un plan selon deux axes perpendiculaires XY, ou selon un degré de liberté en translation et un degré de liberté en rotation, ou encore en rotation sphérique, avec des signaux de commande simple.

A cet effet, l'invention concerne dans son acception la plus générale un actionneur bidirectionnel comportant au moins une structure statorique excitée par une bobine électrique, et un aimant mobile unique ayant une polarité unique. Cet aimant est placé dans un entrefer principal. La structure statorique est composée de deux pièces statoriques. Chacune des pièces statoriques présente au moins un entrefer secondaire et est excitée par au moins une bobine électrique. La structure statorique présente au moins un entrefer pour le déplacement de l'aimant mobile par rapport à un premier degré de liberté, et au moins un deuxième entrefer secondaire pour le déplacement de l'aimant mobile par rapport à un deuxième degré de liberté.

Selon un mode de mise en œuvre particulier, l'aimant mobile est solidaire de la culasse.

Selon une première variante, la structure statorique est composée de 4 pôles en un matériau magnétique doux définissant entre eux deux paires d'entrefer secondaires se croisant en un point médian et en ce que l'entrefer principal est plan.

Avantageusement, les pôles statoriques sont constitués par deux paires de pièces rectangulaires, chaque paire de pièces étant excitée par une bobine électrique au moins et définissant chacune un entrefer secondaire.

De préférence, le rapport L/E entre l'épaisseur L de l'aimant et l'épaisseur E de l'entrefer est comprise entre 1 et 2.

Avantageusement, les dimensions des entrefer secondaires sont C_1+E et C_2+E , où C_1 et C_2 désignent la

course de l'aimant mobile selon les deux directions des entrefers secondaires et en ce que les dimensions de l'aimant sont C_1+d_1+E et C_2+d_2+E , d_1 et d_2 désignant les largeur des dits entrefers secondaires.

5 Selon une variante particulière, la structure statorique est composée de deux pièces statoriques disposées de part et d'autre de l'aimant, chacune des pièces statoriques présentant une paire de pôles statoriques, la paire de pôles statoriques de l'une des
10 pièces étant orientée perpendiculairement à la paire de pôles statoriques de l'autre pièce statorique.

Selon une deuxième variante de réalisation, l'aimant est de forme tubulaire et est mobile selon un premier degré de liberté en translation axiale et selon un
15 second degré de liberté en rotation axiale par rapport à une structure statorique formée de 4 pôles statoriques en forme de portions de cylindres, présentant un premier entrefer secondaire dans le plan médian longitudinal, dans lequel est placée une première bobine électrique, et un
20 deuxième entrefer secondaire dans le plan transversal, dans lequel est placée une deuxième bobine. Chacune de ces bobines est enroulée de préférence autour d'un noyau ferromagnétique.

Selon une variante, l'aimant est de forme
25 tubulaire et est mobile selon un premier degré de liberté en translation axiale et selon un second degré de liberté en rotation axiale par rapport à une structure statorique cylindrique extérieure formée de 4 pôles statoriques présentant une surface concave définissant l'entrefer principal avec la culasse cylindrique placée à l'intérieur
30 de l'aimant, chacun des quatre pôles statoriques étant entouré par une bobine électrique.

Selon une autre variante, l'aimant est de forme tubulaire et est mobile selon un premier degré de liberté
35 en translation axiale et selon un second degré de liberté

en rotation axiale par rapport à une structure statorique cylindrique constituée par une première pièce statorique extérieure pour le déplacement selon un premier degré de liberté, et une deuxième pièce statorique intérieure pour le déplacement selon un degré de liberté, chacune des pièces statoriques comportant au moins une bobine électrique d'excitation.

Selon un troisième mode de réalisation, l'aimant est de forme sphérique et est mobile en rotation sphérique par rapport à une structure statorique en forme de calotte sphérique formée de 4 pôles statoriques en forme de secteur de calotte, comportant deux bobines logées dans des rainures périphériques dont les plans médians sont perpendiculaires.

Avantageusement, l'aimant est de forme sphérique et est mobile en rotation sphérique par rapport à une structure statorique de forme tubulaire formée de 4 pôles statoriques en forme de quart de tube, entourés par une bobine électrique.

Selon une variante particulière d'un tel actionneur, l'entrefer principal est de forme sphérique.

Selon une autre variante particulière, l'aimant est de forme sphérique et entoure une culasse sphérique, et est mobile en rotation sphérique autour d'une structure statorique de forme demi-sphérique formée de 4 pôles statoriques en forme de quart de sphère.

Selon un mode de réalisation particulier, l'aimant est de forme sphérique et entoure une culasse sphérique, et est mobile en rotation sphérique autour d'une structure statorique formée de deux pièces statoriques demi-sphériques.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, se référant à des exemples non limitatifs de réalisation, illustrés par les dessins annexés où :

5

- Les figures 1 et 2 représentent des vues schématiques respectivement en vue transversale, et de la partie statorique d'une première variante de réalisation sous la forme d'un actionneur linéaire XY ;

5

- les figures 3a et 3b illustrent le fonctionnement de l'actionneur ;

- les figures 4 et 5 représentent des vues d'une variante de réalisation d'un actionneur XY ;

10

- les figures 6 et 7 représentent des vues schématiques respectivement en vue transversale, et de la partie statorique d'une première variante de réalisation sous la forme d'un actionneur linéaire XY ;

15

- les figures 8 et 9 représentent une variante d'un actionneur cylindrique $x-\theta$, respectivement sans et avec l'aimant ;

- les figures 10 à 12 représentent des vues en perspective, respectivement sans et avec aimant, et en coupe transversale, d'un actionneur linéaire-rotatif ;

20

- les figures 13 à 16 représentent des vues en perspective, respectivement sans et avec aimant, et en vue transversale, et en vue éclatée d'une deuxième version d'un actionneur linéaire-rotatif ; ;

25

- les figures 17 à 19 représentent des vues en perspective, respectivement sans et avec aimant, et de la partie statorique d'une troisième version d'un actionneur linéaire-rotatif ;

30

- les figures 20 et 21 représentent une variante de réalisation d'un actionneur de type « linéaire et rotatif extérieurs » ;

- les figures 22 et 23 représentent une deuxième version d'un actionneur de type « linéaire et rotatif extérieurs » ;

35

- les figures 24 et 25 représentent une troisième version d'un actionneur de type « linéaire et rotatif extérieurs » ;

- la figure 26 représente une première version d'une variante de type « Linéaire intérieur, rotatif extérieur » ;

5 - les figures 27 et 27b représentent une version modifiée d'une variante de type « Linéaire intérieur, rotatif extérieur » ;

10 - les figures 28 et 29 représentent, en vue de trois quart face et en vue transversale, une deuxième version d'une variante de type « Linéaire intérieur, rotatif extérieur » ;

- les figures 30 et 31 décrivent un actionneur de type « Linéaire extérieur, rotatif intérieur » respectivement de trois quarts face et en vue partiellement coupée ;

15 - la figure 32 représente une vue de trois quarts face de l'ensemble stator d'une variante de type « Linéaire extérieur, rotatif intérieur » ;

20 - les figures 33 et 34 représentent des vues d'un actionneur sphérique et du stator d'un tel actionneur ;

- la figure 35 représente une vue d'une deuxième version d'actionneur sphérique ;

- la figure 36 représente une vue d'une troisième version d'actionneur sphérique ;

25 - les figures 37 et 38 représentent des vues de trois quart face et en coupe d'une quatrième version d'actionneur sphérique ;

30 - les figures 39 et 40 représentent des vues de trois quart face et en coupe d'une cinquième version d'actionneur sphérique ;

- les figures 41 et 42 représentent des vues de trois quart face et en coupe d'une sixième version d'actionneur sphérique ;

35 - les figures 43 et 44 représentent des vues de trois quart face et en vue transversale d'un actionneur

avec détecteur de position ;

L'invention concerne un nouveau type d'actionneur permettant de déplacer une partie mobile suivant deux degrés de liberté.

5 Les applications visées sont :

- Applications informatiques : souris, joystick
 - Applications industrielles : pick and place
 - Applications automobiles : assistance au
- 10 passage des vitesses.

Les figures 1 et 2 représentent des vues d'un premier exemple de réalisation d'un actionneur linéaire XY.

L'objectif est de déplacer une partie mobile dans un plan suivant 2 axes comportant à la base une structure composée d'un stator à 4 pôles, d'un aimant mobile et d'une culasse qui pourra être fixe ou mobile avec l'aimant.

15

La première version présentée en référence aux figures 1 et 2 concerne un actionneur à culasse fixe. Dans cette architecture, seul l'aimant (14) est donc mobile.

20

L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 aimant plat (14) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou axialement anisotrope. Dans ce dernier cas, le sens de l'anisotropie devra être perpendiculaire à la surface des pôles. Il sera aimanté dans cette même direction.
 - 1 culasse (5) en matériau magnétique à haute perméabilité
 - 1 stator composé d'une base plane (6) et de 4 pôles (1 à 4) de section rectangulaire. Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité
 - 4 bobines (7 à 10), chacune entourant l'un des pôles du stator
- 25
- 30
- 35

Eventuellement un support d'aimant venant

8

entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

Pour ce dernier, toute forme peut être imaginée.

5 Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante, en référence aux figures 3a et 3b :

10 Si l'on impose le même courant i_1 dans les bobines (7) et (8) et un courant i_2 dans les bobines (9) et (10), on crée une différence de potentiel suivant l'axe X : on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

15 De la même façon, si l'on impose un courant i_3 dans les bobines (7) et (9) et un courant i_4 dans les bobines (8) et (10), on crée une force F_y proportionnelle à la différence de potentiel magnétique, colinéaire à l'axe Y.

20 Cela étant établi, il en découle que la composition des dits courants nous permettra, par le principe de superposition, de créer toute force dont la direction sera comprise dans ce plan XY.

En effet :

25 si en alimentant (7) et (8) par un courant i_1 et en alimentant (9) et (10) par un courant i_2 , on crée une force F_x

si en alimentant (7) et (9) par un courant i_3 et en alimentant (8) et (10) par un courant i_4 , on crée une force F_y

30 Alors, en alimentant (7) par i_1+i_3 , (8) par i_1+i_4 , (9) par i_2+i_3 et (10) par i_2+i_4 , on crée une force $F_x + F_y$.

Cet actionneur permet donc de créer une force d'intensité et de direction réglables dans le plan (XY).

35 Soit L l'épaisseur de l'aimant, E l'entrefer, c_x et c_y les courses du capteur dans les deux dimensions et

d_x et d_y les distances de pôle à pôle suivant les 2 axes.

On conseillera d'utiliser un rapport L/E compris entre 1 et 2.

5 Si l'on prend pour dimensions de l'aimant ($c_x + E + d_x$) et ($c_y + E + d_y$) et pour dimensions minimales des pôles statoriques ($c_x + E$) et ($c_y + E$) dans le plan de mesure, la linéarité de la force en fonction du courant sera effective sur les deux axes.

10 Une autre architecture de cet actionneur peut être imaginée selon la variante représentée en figures 4 et 5.

L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 15 • 1 aimant plat (14), de forme rectangulaire, composé d'une nuance d'aimant isotrope ou axialement anisotrope. Dans ce dernier cas, le sens de l'anisotropie devra être perpendiculaire à la surface des pôles. Il sera aimanté dans cette même direction.
- 20 • 1 stator X (20) en matériau magnétique à haute perméabilité composé d'une base plane (23) et de 2 pôles (21, 22) de section rectangulaire.
- 25 • 1 stator Y (28) composé d'une base plane (25) et de 2 pôles (26, 27) aux propriétés analogues au stator X. Ces deux pôles (26, 27) sont orientés perpendiculairement aux pôles (21, 22) du stator X
- 2 bobines X (31, 32), chacune entourant l'un des pôles (21, 22) du stator X
- 2 bobines Y (36, 37), chacune entourant l'un des pôles (26, 27) du stator Y.

30 Les bobines sont des bobines plates entourant chacun des pôles statoriques.

Eventuellement un support d'aimant venant entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

35 Le stator X et le stator Y sont disposés de

part et d'autre de l'entrefer principal dans lequel est placé l'aimant (14). Les pôles (21, 22) du stator X sont orientés perpendiculairement aux pôles (26, 27) du stator Y, afin d'entraîner l'aimant mobile dans les deux directions perpendiculaires et d'assurer un déplacement bidirectionnel de l'organe auquel il est accouplé.

Le fonctionnement de cette version peut être expliqué de la manière suivante :

Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (31) et un courant i_2 dans la bobine (32), on crée une différence de potentiel suivant l'axe X et on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_3 dans la bobine (36) et un courant i_4 dans la bobine (37), on crée une force F_y proportionnelle à la différence de potentiel magnétique, colinéaire à l'axe Y.

En conjuguant le pilotage des courants dans les bobines (X) et dans les bobines (Y) indépendamment les unes des autres, on pourra créer une force réglable en amplitude et en direction dans le plan XY.

les figures 6 et 7 représentent des vues schématiques respectivement en vue transversale, et de la partie statorique d'une première variante de réalisation sous la forme d'un actionneur linéaire XY. Cette variante de l'actionneur présente l'avantage de ne nécessiter qu'une seule bobine par axe.

L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 aimant plat (14) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou axialement anisotrope. Dans ce dernier cas, le sens de l'anisotropie devra être perpendiculaire à la surface des pôles. Il sera aimanté dans cette même direction.
- 1 culasse (40) constitué par une plaque en un matériau

magnétique à haute perméabilité

- 1 stator (41) composé de 4 pôles (42 à 45) de section rectangulaire reliés par des noyaux autour desquels seront enroulées les bobines (46, 47). Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité. Il est constitué dans l'exemple décrit par un bloc parallélépipédique, présentant des rainures médianes perpendiculaires pour le positionnement des bobines et délimitant les pôles statoriques (42 à 45)
- 2 bobines croisées (46, 47), entourant le stator (41) dans deux directions perpendiculaires.

Eventuellement un support d'aimant venant entourer l'aimant pour transmettre l'effort ou le déplacement fourni à une pièce externe.

Le fonctionnement de cette version peut être expliqué de la manière suivante :

Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (46), on crée une différence de potentiel suivant l'axe X et on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée, donc au courant i_1 .

De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans la bobine (47), on crée une force F_y proportionnelle à la différence de potentiel magnétique et donc au courant i_2 , colinéaire à l'axe Y.

On comprend alors aisément qu'en conjuguant le pilotage des courants dans les bobines (46) et dans les bobines (47) indépendamment l'une de l'autre, on pourra créer une force réglable en amplitude et en direction dans le plan XY.

Cette variante peut être également réalisée en symétrique, c'est-à-dire en remplaçant la culasse par un ensemble stator + bobines. On augmentera alors l'amplitude de la force créée.

On peut également réaliser le stator en

plusieurs parties distinctes, par exemple en séparant les pôles. On peut alors obtenir une version sans noyau de bobine ferromagnétique ou dotée de noyaux de bobine indépendants, ce qui permettrait de faciliter le bobinage.

5 Cette variante peut elle aussi être réalisée en version symétrique.

Les figures 8 et 9 représentent une variante d'un actionneur cylindrique $x-\theta$, respectivement sans et avec l'aimant. Plusieurs versions peuvent être imaginées. L'actionneur présente une structure cylindrique, comprenant donc une zone à l'intérieur de l'aimant et une zone à l'extérieur de ce même aimant. Cette structure remplit deux fonctions à assurer : fonction d'actionneur rotatif et d'actionneur linéaire. Les solutions définies ci-après seront définies par la situation (« intérieur » ou « extérieur ») de chacune de ces fonctions. De façon générale, l'actionneur comprend une structure statorique présentant quatre pôles (51 à 54) en forme de demi-cylindres et un aimant tubulaire (55).

20 La description qui suit présentera d'abord un actionneur de type « Linéaire et rotatif intérieurs ».

Une première solution est décrite en figures 10 à 12 : elle consiste en l'utilisation d'un stator interne cylindrique composé de quatre pôles identiques. Deux bobines sont entourées autour de chacun de ces pôles.

25 L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 demi-aimant bague (60) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci pourra être indépendant ou collé à la culasse (61)
- 1 culasse bague (61) en matériau magnétique à haute perméabilité
- 1 stator composé de 4 pôles (62 à 65) de forme extérieure cylindrique reliés par des noyaux (70, 71)

autour desquels seront enroulées les bobines (66 à 69).
Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, il pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques

- 4 bobines (66 à 69), entourant le stator.

Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

Si l'on impose le même courant i_1 dans les bobines (66) et (67) et un courant i_2 dans les bobines (68) et (69), on crée une différence de potentiel suivant l'axe X et on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_3 dans les bobines (66) et (68) et un courant i_4 dans les bobines (67) et (69), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

Cela étant établi, il en découle que la composition des dits courants nous permettra, par le principe de superposition, de créer tout ensemble « force - moment » de direction colinéaire à l'axe X.

En effet :

si en alimentant (66) et (67) par un courant i_1 et en alimentant (68) et (69) par un courant i_2 , on crée une force F_x

si en alimentant (66) et (68) par un courant i_3 et en alimentant (67) et (69) par un courant i_4 , on crée un moment M_x

Alors, en alimentant (66) par i_1+i_3 , (67) par i_1+i_4 , (68) par i_2+i_3 et (69) par i_2+i_4 , on crée une force F_x et un moment M_x

Cet actionneur permet donc de créer à la fois

une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

Les figures 13 à 16 représentent une deuxième solution d'un actionneur linéaire-rotatif.

5 Cette deuxième solution consiste à remplacer 2 des 4 bobines de la solution précédente par une bobine montée sur l'axe principal du mécanisme. Celle-ci, nommée (4L), assurera la partie « force axiale » et les 2 autres créeront le moment.

10 L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 demi-aimant bague (60) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci pourra être indépendant ou collé
15 à la culasse.
- 1 culasse bague (61) en matériau magnétique à haute perméabilité
- 1 stator composé de 4 pôles (62 à 65) de forme extérieure cylindrique. Les demi-lunes situées en vis-
20 à-vis radial sont reliés 2 à 2 par des noyaux (70, 71) autour desquels seront enroulées les bobines (4R). Les ensembles ainsi constitués seront reliés par un noyau axial (72) autour duquel sera enroulée la bobine (4L). Tous ces pôles seront également réalisés en matériau
25 magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, il pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques (cf. figure 16).
- 2 bobines longitudinales (4R)
- 30 • 1 bobine transversale (4L)

Eventuellement un support d'aimant venant entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

35 Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

Si l'on impose le courant i_1 dans la bobine (4L), on crée une différence de potentiel magnétique suivant l'axe X: on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans les bobines (4R), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

Les figures 17 à 19 représentent une troisième version d'un actionneur linéaire-rotatif. Le stator est formé par une pièce cylindrique présentant 4 pôles (62 à 65) en forme de demi-cylindres. Dans cette solution, on remplace les 2 bobines précédemment notées (4R) par une seule et même bobine. On a alors en tout et pour tout 2 bobines croisées, comme l'illustrent les figures 17 à 19.

Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (4L), on crée une différence de potentiel magnétique suivant l'axe X: on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans la bobine (4R), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

Une autre structure pourrait également être obtenue en scindant la bobine (4L) en 3 ou quatre bobines venant se monter de part et d'autre des pôles axiaux.

5 Les figures 20 et 21 représentent une variante de réalisation d'un actionneur de type « linéaire et rotatif extérieurs ».

10 Toutes les versions présentées dans cette partie sont en fait des versions homologues des versions présentées dans la partie précédente : on ne fait qu'inverser les parties intérieures et extérieures. Elles seront néanmoins présentées dans un souci de clarté.

Dans la version représentée en figures 20 et 21, on dispose de quatre bobines extérieures, chacune d'elles entourant un pôle.

15 L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 20 • 1 demi-aimant bague (80) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci pourra être indépendant ou collé à la culasse
- 1 culasse cylindrique (81) en matériau magnétique à haute perméabilité
- 25 • 1 stator composé de 4 pôles (82 à 85) de forme intérieure cylindrique reliés par une base commune. Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, il pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques.
- 30 • 4 bobines (86 à 89), entourant les pôles statoriques respectivement (82 à 85)

Eventuellement un support d'aimant venant entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

35 Cette version fonctionne de façon semblable à la version représentée en référence aux figures 10 à 12 :

En effet, en alimentant (86) par i_1+i_3 , (87) par i_1+i_4 , (88) par i_2+i_3 et (89) par i_2+i_4 , on crée une force F_x et un moment M_x

5 Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

Les figures 22 et 23 représentent une deuxième version d'un actionneur de type « linéaire-rotatif ».

10 L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 demi-aimant bague (90) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci pourra être indépendant ou collé à la culasse.
- 15 • 1 culasse cylindrique (95) en matériau magnétique à haute perméabilité
- 1 stator composé de 4 pôles (91 à 94) et d'une structure (96) commune. Autour des pôles (91, 92) seront enroulées les bobines (4R) (97, 98). La bobine (4L) sera située entre les pôles comme montré sur la figure 22. Tous ces pôles (91 à 94) seront également réalisés en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, l'ensemble pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de
- 20 pièces ferromagnétiques .
- 2 bobines (4R)
- 1 bobine (4L)

25 Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

30 Si l'on impose le courant i_1 dans la bobine (4L), on crée une différence de potentiel magnétique suivant l'axe X: on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

35 De la même façon, si l'on impose un courant i_2

dans les bobines (4R), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

5 Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

10 Les bobines (4L) et (4R) sont représentées ici de forme rectangulaire pour faciliter la lecture du dessin, mais il va de soi qu'elles pourraient également, par exemple, prendre une forme cylindrique.

On peut également, dans le souci d'augmenter le couple, disposer de 4 bobines (4R), en en disposant 2 sur les 2 pôles statoriques non utilisés.

15 Les figures 24 et 25 représentent une troisième version d'un actionneur de type « linéaire-rotatif », présentant 2 bobines croisées. L'actionneur selon cette troisième version est composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 20 • 1 demi-aimant bague (90) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci pourra être indépendant ou collé à la culasse.
- 25 • 1 culasse cylindrique (95) en matériau magnétique à haute perméabilité
- 1 stator composé de 4 pôles (91 à 94) et d'une structure (96) commune. Autour de 2 d'entre eux sera enroulée la bobine (4R). La bobine (4L) sera située entre les pôles (91 à 94). Tous ces pôles seront également réalisés en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, il pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques .
- 30
- 1 bobine (4R)
- 35 • 1 bobine (4L)

Eventuellement un support d'aimant venant entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

Le fonctionnement de cet actionneur peut être
5 expliqué de la manière suivante:

Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (4L), on crée une différence de potentiel magnétique suivant l'axe X: on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique
10 créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans la bobine (4R), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et proportionnel à la différence de potentiel magnétique
15 créée.

Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

Une autre structure pourrait également être
20 obtenue en scindant la bobine (4L) en 3 ou quatre bobines venant se monter de part et d'autre des pôles axiaux, ou en ajoutant une deuxième bobine (4R), symétriquement à la première par rapport à l'axe.

Enfin, pour chacune de ces versions, une autre
25 structure pourrait également être obtenue en multipliant la structure statorique par l'utilisation de plusieurs stators. On obtient ainsi une structure à plus de pôles extérieurs, avec plusieurs aimants, qui offre une course angulaire plus faible mais un couple plus important. On
30 peut ainsi imaginer toute structure à $(2N)$ pôles radiaux écartés angulairement de $(360^\circ/2N)$, à N aimants.

La figure 26 représente une première version d'une variante de type « Linéaire intérieur, rotatif extérieur ». L'actionneur est alors composé des parties
35 fonctionnelles suivantes:

- 1 demi-aimant bague (100) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci devra être indépendant des deux stators.
- 5 • 1 stator cylindrique en matériau magnétique à haute perméabilité, composé de deux pôles (101, 102) de même diamètre. La bobine (103) sera située entre ces deux pôles, autour d'un noyau ferromagnétique.
- 10 • 1 stator composé de 2 pôles (104, 105) et d'une structure commune (108). Autour d'eux seront enroulées les bobines (106, 107). Ces pôles (104, 105) seront également réalisés en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, ce stator pourra être fait d'une seule pièce ou d'un
- 15 assemblage de pièces ferromagnétiques .
- 1 bobine (106)
- 1 bobine (107)

20 Eventuellement un support d'aimant venant entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

25 Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (103), on crée une différence de potentiel magnétique suivant l'axe X: on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

30 De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans les bobines (106, 107), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

35 Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

Une autre structure pourrait également être obtenue en multipliant la structure statorique extérieure suivant la figure 27. On obtient ainsi une structure à plus de pôles extérieurs (110, 111, 112, 113), avec plusieurs aimants (115, 116), qui offre une course angulaire plus faible mais un couple plus important. On peut ainsi imaginer toute structure à $(2N)$ pôles radiaux. Ce principe de multiplication pourra également être appliqué à chaque structure cylindrique décrite dans ce texte.

Une autre structure pourrait également être obtenue en n'utilisant qu'une seule bobine pour la création d'un moment de rotation. Les figures 28 et 29 représentent des vues de trois quart face et en coupe d'une telle version. Celle-ci consiste en un nouvel arrangement de la partie extérieure de l'actionneur permettant de n'avoir que 2 bobines. L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 demi-aimant bague (120) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci devra être indépendant des deux stators.
- 1 stator cylindrique en matériau magnétique à haute perméabilité, composé de deux pôles (121, 122) de même diamètre. La bobine (125) sera située autour de ce stator, entre les 2 pôles (121, 122).
- 1 stator composé de 2 pôles (123, 124) et d'une structure commune. La bobine (126) entoure ce stator, entre les 2 pôles (123, 124). Ces pôles seront également réalisés en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, ce stator pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques.
- 1 bobine (125)
- 1 bobine (126)

Eventuellement un support d'aimant venant

entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

5 Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (125), on crée une différence de potentiel magnétique suivant l'axe X: on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

10 De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans la bobine (126), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

15 Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

Les figures 30 et 31 décrivent un actionneur de type « Linéaire extérieur, rotatif intérieur ».

20 L'actionneur est composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 demi-aimant bague (140) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci devra être indépendant des deux
25 stators.
- 1 stator cylindrique en matériau magnétique à haute perméabilité, composé de deux pôles (141, 142) de même diamètre. La bobine (143) sera située entre les 2 pôles.
- 30 • 1 stator (2R) composé de 2 pôles (144, 145) et d'un noyau commun. La bobine (146) sera située entouré autour de ce noyau, entre les 2 pôles (144, 145). Ces pôles seront également réalisés en matériau magnétique à haute perméabilité
- 35 • 1 bobine (143)

- 1 bobine (146)

Eventuellement un support d'aimant venant entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (143), on crée une différence de potentiel magnétique suivant l'axe X: on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans la bobine (146), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

Notons qu'en réalisant le stator sous forme de quatre quarts de cylindres (150 à 153) autour desquels s'entourent 2 bobines (154, 155) (cf. Figure 32), on obtient une version 4 pôles en rotatif, de course réduite à moins de 90° mais fournissant un couple plus important. On aura alors 2 aimants de 90° de largeur angulaire.

Les figures 33 et 34 représentent des vues d'un actionneur sphérique α - β et de son stator.

Plusieurs versions peuvent être imaginées. Les solutions définies ci-après seront définies par la situation (« intérieur » ou « extérieur ») des deux fonctions (rotation autour de 2 axes) assurées par l'actionneur.

L'actionneur est composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 demi-aimant sphérique (200) composé d'une nuance

d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci pourra être indépendant ou collé à la culasse, ainsi que montré sur la figure (33).

- 1 culasse sphérique creuse (201) en matériau magnétique à haute perméabilité
- 1 stator composé de 4 pôles (202 à 205) de forme extérieure sphérique reliés par des noyaux autour desquels seront enroulées les quatre bobines (206 à 209). Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, il pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques.

- 4 bobines (206 à 209), entourant le stator

Eventuellement un support d'aimant venant se fixer à l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

Si l'on impose le même courant i_1 dans les bobines (206) et (208), on crée une différence de potentiel suivant une rotation autour de l'axe X et l'on crée donc un moment M_x suivant l'axe X proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans les bobines (207) et (209), on crée cette fois un moment de rotation M_y sur l'aimant colinéaire à l'axe Y et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

La composition des dits courants nous permettra, par le principe de superposition, de créer tout moment dont l'axe sera compris dans ce plan XY.

En effet :

En alimentant (206) et (208) par un courant i_1 ,

on crée un moment M_x

En alimentant (207) et (209) par un courant i_2 ,
on crée un moment M_y

Alors, en alimentant (206) et (208) par i_1 ,
5 (207) et (209) par i_2 , on crée un moment M_x et un moment M_y .

Cet actionneur permet donc de créer des couples
indépendants suivant deux axes orthogonaux.

La figure 35 représente une deuxième version
10 d'un actionneur sphérique. L'actionneur est composé des
parties fonctionnelles suivantes:

- 1 demi-aimant sphérique (210) composé d'une nuance
d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté
radialement. Celui-ci pourra être indépendant ou
15 collé à la culasse, ainsi que montré sur la figure
(35).
- 1 culasse sphérique creuse (211) en matériau
magnétique à haute perméabilité
- 1 stator composé de 4 pôles (212 à 215) de forme
20 extérieure sphérique reliés par des noyaux autour
desquels seront enroulées les bobines (216, 217). Il
sera également réalisé en matériau magnétique à haute
perméabilité. Selon les préférences de fabrication,
il pourra être fait d'une seule pièce ou d'un
25 assemblage de pièces ferromagnétiques.
- 2 bobines (216), et (217), croisées, entourant le
stator

Eventuellement un support d'aimant venant se
fixer à l'aimant pour transmettre l'effort - ou le
30 déplacement - fourni à une pièce externe.

Le fonctionnement de cet actionneur peut être
expliqué de la manière suivante:

Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine
(216), on crée une différence de potentiel suivant une
35 rotation autour de l'axe X et l'on crée donc un moment M_x

suivant l'axe X proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans la bobine (217), on crée cette fois un moment de rotation M_y sur l'aimant colinéaire à l'axe Y et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

La composition des dits courants nous permettra, par le principe de superposition, de créer tout moment dont l'axe sera compris dans ce plan XY.

La figure 36 correspond à un autre arrangement de ce même système, plus facilement réalisable industriellement mais à plus faible course.

Les parties statoriques sont réalisées en forme de quart de secteur sphérique (220 à 223). Ils sont entourés par deux bobines (224, 225).

Les figures 37 et 38 représentent des vues d'un actionneur sphérique de type « Tout extérieur ».

Le principe de cette solution consiste à inverser l'architecture de l'actionneur précédent, en mettant la culasse et l'aimant à l'intérieur, les pôles statoriques à l'extérieur.

La première version de l'actionneur est composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 aimant en forme de calotte sphérique (230) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement.
 - 1 culasse sphérique (231) en matériau magnétique à haute perméabilité
 - 1 stator composé de 4 pôles (232 à 235) de forme extérieure en quart de cylindre et de forme intérieure sphérique reliés par des noyaux autour desquels seront enroulées les bobines (236 à 239). Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité.
- Selon les préférences de fabrication, il pourra être

fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques.

- 4 bobines (236 à 239), entourant le stator, 2 par axe de rotation

5 Eventuellement un support d'aimant venant se fixer à l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

10 Le fonctionnement de cet actionneur est en tout point le même que celui du premier actionneur sphérique présenté dans ce texte.

Les figures 39 et 40 représentent une deuxième version d'un actionneur sphérique de type « tout extérieur ».

15 L'actionneur est composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 aimant en forme de calotte sphérique (250) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement.
- 1 culasse sphérique (251) en matériau magnétique à haute perméabilité
- 1 stator composé de 4 pôles (252 à 255) de forme intérieure sphérique reliés par des noyaux autour desquels seront enroulées les bobines (256, 257). Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, il pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques.
- 2 bobines (256, 257), entourant le stator, 1 par axe de rotation

30 Le fonctionnement de cet actionneur est en tout point le même que celui de l'actionneur sphérique présenté en figures 35 et 36.

35 Les figures 41 et 42 représentent des vues de trois quart face et en coupe partielle d'un actionneur hybride (intérieur & extérieur).

L'actionneur est composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 aimant en forme de calotte sphérique (260) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci devra être indépendant des deux stators
- 1 stator intérieur, de formes extérieures sphériques, en matériau magnétique à haute perméabilité. Il présente 2 pôles (261, 262) reliés par un noyau autour duquel est enroulée la bobine (265).
- 1 stator extérieur composé de 2 pôles (263, 264) de forme intérieure sphérique reliés par un noyau autour duquel sera enroulée la bobine (266). Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité.
- 1 bobine (266), entourant le stator extérieur
- 1 bobine (265), entourant le stator intérieur

Eventuellement un support d'aimant venant se fixer à l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (266), on crée une différence de potentiel suivant une rotation autour de l'axe X et l'on crée donc un moment M_x suivant l'axe X proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans la bobine (265), on crée cette fois un moment de rotation M_y sur l'aimant colinéaire à l'axe Y et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

La composition des dits courants nous permettra, par le principe de superposition, de créer tout moment dont l'axe sera compris dans ce plan XY.

Chacun des systèmes électromagnétiques ci-dessus pourra être couplé avec des capteurs de position dimensionnels sans contact.

5 On obtiendra alors un ensemble « capteur - actionneur » permettant d'assurer deux fonctions dans un même volume et ainsi de travailler en boucle fermée.

Pour cela, on devra séparer les parties fer entre les pôles des stators (à savoir celles autour desquelles on vient entourer les bobines, généralement
10 nommées « noyau » tout au long de ce brevet) au moyen d'une fente.

On viendra alors positionner dans la dite fente un élément sensible aux champs magnétiques (par exemple une sonde à effet Hall).

15 Les figures 43 et 44 illustrent l'application de ce principe sur un actionneur XY plan.

Le capteur de position permet de mesurer les variations de flux créées par un aimant mobile dans un entrefer.

20 Le stator est constitué de quatre parties rectangulaires (300 à 303) entourées par quatre bobines (310 à 313). Un aimant mince (305) aimanté transversalement est placé dans l'entrefer principal (307) formé entre le stator et la culasse (306). Quatre sondes de Hall (320 à
25 323) sont placées dans les entrefers secondaires entre les parties statoriques (300 à 303).

Dans l'architecture décrite, les sondes mesureront une variation de flux due et au déplacement de l'aimant et au courant circulant dans les bobines. Il nous
30 faut donc « écarter » ce flux dû au courant. Cela pourra être fait de deux façons :

En mesurant le courant dans les bobines et en calculant le flux induit par le courant pour le soustraire à la valeur mesurée. En effet, le flux total est la somme
35 du flux dû au courant et du flux dû à l'aimant ($\Phi_t = \Phi_{ni} +$

$\Phi_a = A.ni + \Phi_a$). En connaissant l'impédance A du circuit magnétique et le courant dans les bobines, on peut aisément calculer Φ_a . L'intensité peut être mesurée par tout moyen imaginable (en relevant par exemple la chute de tension aux bornes d'une résistance d'échantillonnage traversée par le dit courant).

En alternant les fonctions « capteur » et « actionneur ». Pendant un intervalle de temps donné, on alimentera les bobines afin de produire la force (ou le couple) désiré, et, pendant l'intervalle suivant, on supprimera l'alimentation des bobines pour ne plus mesurer que le flux dû à l'aimant. On aura ainsi une force intermittente qui pourra être utilisable pour des fonctions type joystick.

REVENDICATIONS

1 - Actionneur bidirectionnel comportant au moins une structure statorique excitée par au moins une bobine électrique, caractérisé en ce qu'il comprend un aimant mobile unique placé dans un entrefer principal et en ce que la structure statorique comprend au moins une bobine électrique, et est composée d'une première paire de pôles statoriques (1, 2) définissant entre eux un premier entrefer secondaire, pour le déplacement de l'aimant mobile unique (14) par rapport à un premier degré de liberté, et d'une deuxième paire de pôles statoriques (3, 4) définissant entre eux un deuxième entrefer secondaire, pour le déplacement de l'aimant mobile unique (14) par rapport à un deuxième degré de liberté.

2 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'aimant mobile est solidaire d'une culasse (25).

3 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que la structure statorique est composée de 4 pôles en un matériau magnétique doux définissant entre eux deux paires d'entrefers secondaires se croisant en un point médian et en ce que l'entrefer principal (10) est plan.

4 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 3 caractérisé en ce que les pôles statoriques sont constitués par 4 pièces rectangulaires entourées chacune par une bobine électrique et définissant entre elles deux paires d'entrefers secondaires perpendiculaires.

5 - Actionneur bidirectionnel selon l'une au moins des revendications précédentes caractérisé en ce que le rapport L/E entre l'épaisseur L de l'aimant et l'épaisseur E de l'entrefer est compris entre 1 et 2.

6 - Actionneur bidirectionnel selon l'une au moins des revendications précédentes caractérisé en ce que les dimensions des entrefers secondaires sont C_1+E et C_2+E ,

où C_1 et C_2 désignent la course de l'aimant mobile selon les deux directions des entrefers secondaires et en ce que les dimensions de l'aimant sont C_1+d_1+E et C_2+d_2+E , où d_1 et d_2 désignent les largeurs des entrefers secondaires.

5 7 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que la structure statorique est composée de deux pièces statoriques disposées de part et d'autre de l'aimant, chacune des pièces statoriques présentant une paire de pôles
10 statoriques, la paire de pôles statoriques de l'une des pièces étant orientée perpendiculairement à la paire de pôles statoriques de l'autre pièce statorique.

 8 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'aimant est de
15 forme tubulaire et est mobile selon un premier degré de liberté en translation axiale et selon un second degré de liberté en rotation axiale par rapport à une structure statorique formée de 4 pôles statoriques en forme de
20 portions de cylindres, présentant un premier entrefer secondaire dans le plan médian longitudinal, dans lequel est placé au moins une première bobine électrique entourant au moins un noyau ferromagnétique, et un deuxième entrefer
25 secondaire dans le plan transversal, dans lequel est placée une deuxième bobine électrique entourant un noyau ferromagnétique.

 9 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'aimant est de
forme tubulaire et est mobile selon un premier degré de liberté en translation axiale et selon un second degré de
30 liberté en rotation axiale par rapport à une structure statorique cylindrique extérieure formée de 4 pôles statoriques présentant une surface concave définissant l'entrefer principal avec la culasse cylindrique placée à l'intérieur de l'aimant, chacun des quatre pôles
35 statoriques étant entouré par une bobine électrique.

10 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'aimant est de forme tubulaire et est mobile selon un premier degré de liberté en translation axiale et selon un second degré de liberté en rotation axiale par rapport à une structure statorique cylindrique constituée par une première pièce statorique extérieure pour le déplacement selon un premier degré de liberté, et une deuxième pièce statorique intérieure pour le déplacement selon un degré de liberté, chacune des pièces statoriques comportant au moins une bobine électrique d'excitation.

11 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'aimant est de forme sphérique et est mobile en rotation sphérique par rapport à une structure statorique en forme de calotte sphérique formée de 4 pôles statoriques en forme de secteur de calotte, comportant deux bobines logées dans des rainures périphériques dont les plans médians sont perpendiculaires.

12 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'aimant est de forme sphérique et est mobile en rotation sphérique par rapport à une structure statorique de forme tubulaire formée de 4 pôles statoriques en forme de quart de tube, entourés par une bobine électrique.

13 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 11 caractérisé en ce que l'entrefer principal est de forme sphérique.

14 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'aimant est de forme sphérique et est entouré par une culasse sphérique, et est mobile en rotation sphérique autour d'une structure statorique de forme sphérique ou demi-sphérique formée de 4 pôles statoriques en forme de quart ou de huitième de sphère.

15 - Actionneur bidirectionnel selon la
revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'aimant est de
forme sphérique et est entouré par une culasse formée de
deux pièces en forme de demi-sphères ou de quart de sphère,
5 et est mobile en rotation sphérique autour d'une structure
statorique formé de deux pièces statoriques demi-
sphériques.

16 - Actionneur bidirectionnel selon l'une au
moins des revendications précédentes caractérisé en ce que
10 chacune des paires de pôles (1, 2), (3, 4) définit entre
deux pôles adjacents un entrefer secondaire, et en ce qu'il
comporte un capteur sensible aux champs magnétiques logé
dans ledit entrefer secondaire.



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

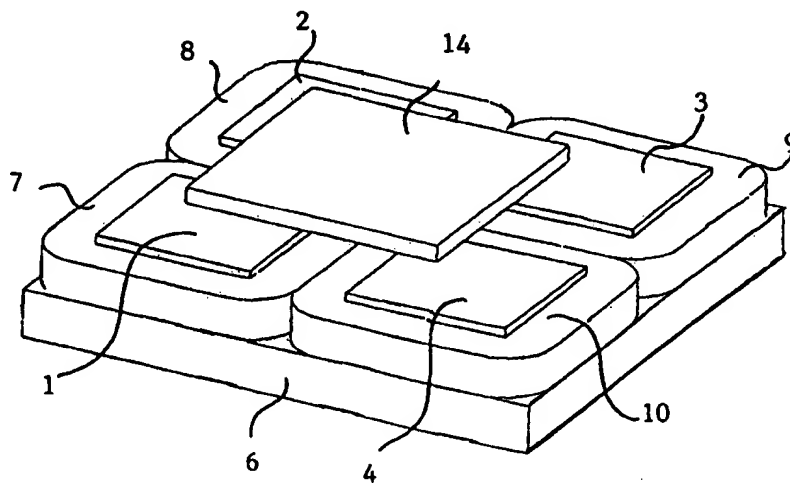
(51) Classification internationale des brevets ⁷ : H01F 7/16, 7/17	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/31758 (43) Date de publication internationale: 2 juin 2000 (02.06.00)
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/02771</p> <p>(22) Date de dépôt international: 10 novembre 1999 (10.11.99)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité: 98/14668 20 novembre 1998 (20.11.98) FR</p> <p>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): MOVING MAGNET TECHNOLOGIES (S.A.) [FR/FR]; 78, avenue Clémenceau, F-25000 Besançon (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): GANDEL, Pierre [FR/FR]; 18, chemin de Rochefort, F-25660 Montfaucon (FR). BUAILLON, Yann [FR/FR]; 15, rue Charles Nodier, F-25000 Besançon (FR).</p> <p>(74) Mandataires: BREESE, Pierre etc.; Breese-Majerowicz, 3, avenue de l'Opéra, F-75001 Paris (FR).</p>	<p>(81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i></p>	

(54) Title: BIDIRECTIONAL ACTUATORS

(54) Titre: ACTIONNEURS BIDIRECTIONNELS

(57) Abstract

The invention concerns a bidirectional actuator comprising at least a stator structure excited by an electric coil, and a mobile magnet in a main gap, the stator structure consists of two pairs of stator poles (1 to 4), each of the pairs of poles being enclosed by a least an electric coil, the stator structure defining at least a first auxiliary gap (6, 8) for the displacement of the mobile magnet (14) relatively to a first degree of freedom, and a second auxiliary gap (7, 9) for the displacement of the magnet (14) relatively to a second degree of freedom.



(57) Abrégé

La présente invention concerne un actionneur bidirectionnel comportant au moins une structure statorique excitée par une bobine électrique, et un aimant mobile dans un entrefer principal, la structure statorique est composée de deux paires de pôles statoriques (1 à 4), chacune des paires de pôles étant entourée par au moins une bobine électrique, la structure statorique définissant au moins un premier entrefer secondaire (6, 8) pour le déplacement de l'aimant mobile (14) par rapport à un premier degré de liberté, et un deuxième entrefer secondaire (7, 9) pour le déplacement de l'aimant mobile (14) par rapport à un deuxième degré de liberté.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

ACTIONNEURS BIDIRECTIONNELS

La présente invention concerne le domaine des actionneurs électromagnétiques.

On connaît des actionneurs unidirectionnels
5 mettant en œuvre une structure statorique excitée par une bobine électrique, produisant un flux magnétique variable assurant le positionnement d'un aimant mobile. A titre d'exemple, le brevet US4,918,987 décrit un tel actionneur comportant un stator présentant deux pôles entourés chacun
10 par une bobine. L'aimant mobile est soumis à une force linéaire en fonction du flux généré par les bobines.

On connaît également le brevet allemand DE3037648 décrivant un actionneur bidimensionnel qui peut comporter soit des bobines mobiles soit des aimants
15 mobiles. La solution comportant des bobines mobiles n'est pas satisfaisante car elle induit des coûts d'industrialisation élevés. La solution décrite comportant des aimants mobiles nécessite l'utilisation de 8 aimants mobiles. Une telle architecture nécessite des signaux de
20 commande multiples et des traitements informatiques pour le pilotage de la position en XY.

On connaît également le brevet US5062055 qui concerne les actionneurs électromagnétiques produisant à la fois un mouvement de rotation et un mouvement de
25 translation. Un tel actionneur de l'état de la technique comprend un aimant cylindrique ayant des frontières d'aimantation dans la direction périphérique et dans la direction axiale, dans lequel une aimantation multipolaire est établie dans la direction axiale, et des culasses
30 portant des bobines comportant des pôles magnétiques situés face aux frontières d'aimantation. Un tel actionneur utilise un aimant possédant plusieurs paires de pôles avec des directions d'aimantation perpendiculaires les unes par rapport aux autres.

35 Le but de la présente invention est de proposer

un actionneur permettant de commander le positionnement d'un organe selon deux degrés de liberté, par exemple dans un plan selon deux axes perpendiculaires XY, ou selon un degré de liberté en translation et un degré de liberté en rotation, ou encore en rotation sphérique, avec des signaux de commande simple.

A cet effet, l'invention concerne dans son acception la plus générale un actionneur bidirectionnel comportant au moins une structure statorique excitée par une bobine électrique, et un aimant mobile unique ayant une polarité unique. Cet aimant est placé dans un entrefer principal. La structure statorique est composée de deux pièces statoriques. Chacune des pièces statoriques présente au moins un entrefer secondaire et est excitée par au moins une bobine électrique. La structure statorique présente au moins un entrefer pour le déplacement de l'aimant mobile par rapport à un premier degré de liberté, et au moins un deuxième entrefer secondaire pour le déplacement de l'aimant mobile par rapport à un deuxième degré de liberté.

Selon un mode de mise en œuvre particulier, l'aimant mobile est solidaire de la culasse.

Selon une première variante, la structure statorique est composée de 4 pôles en un matériau magnétique doux définissant entre eux deux paires d'entrefers secondaires se croisant en un point médian et en ce que l'entrefer principal est plan.

Avantageusement, les pôles statoriques sont constitués par deux paires de pièces rectangulaires, chaque paire de pièces étant excitée par une bobine électrique au moins et définissant chacune un entrefer secondaire.

De préférence, le rapport L/E entre l'épaisseur L de l'aimant et l'épaisseur E de l'entrefer est comprise entre 1 et 2.

Avantageusement, les dimensions des entrefers secondaires sont $C_1 + E$ et $C_2 + E$, où C_1 et C_2 désignent la

course de l'aimant mobile selon les deux directions des entrefers secondaires et en ce que les dimensions de l'aimant sont C_1+d_1+E et C_2+d_2+E , d_1 et d_2 désignant les largeur des dits entrefers secondaires.

5 Selon une variante particulière, la structure statorique est composée de deux pièces statoriques disposées de part et d'autre de l'aimant, chacune des pièces statoriques présentant une paire de pôles statoriques, la paire de pôles statoriques de l'une des
10 pièces étant orientée perpendiculairement à la paire de pôles statoriques de l'autre pièce statorique.

 Selon une deuxième variante de réalisation, l'aimant est de forme tubulaire et est mobile selon un premier degré de liberté en translation axiale et selon un
15 second degré de liberté en rotation axiale par rapport à une structure statorique formée de 4 pôles statoriques en forme de portions de cylindres, présentant un premier entrefer secondaire dans le plan médian longitudinal, dans lequel est placée une première bobine électrique, et un
20 deuxième entrefer secondaire dans le plan transversal, dans lequel est placée une deuxième bobine. Chacune de ces bobines est enroulée de préférence autour d'un noyau ferromagnétique.

 Selon une variante, l'aimant est de forme
25 tubulaire et est mobile selon un premier degré de liberté en translation axiale et selon un second degré de liberté en rotation axiale par rapport à une structure statorique cylindrique extérieure formée de 4 pôles statoriques présentant une surface concave définissant l'entrefer principal avec la culasse cylindrique placée à l'intérieur
30 de l'aimant, chacun des quatre pôles statoriques étant entouré par une bobine électrique.

 Selon une autre variante, l'aimant est de forme tubulaire et est mobile selon un premier degré de liberté
35 en translation axiale et selon un second degré de liberté

en rotation axiale par rapport à une structure statorique cylindrique constituée par une première pièce statorique extérieure pour le déplacement selon un premier degré de liberté, et une deuxième pièce statorique intérieure pour le déplacement selon un degré de liberté, chacune des pièces statoriques comportant au moins une bobine électrique d'excitation.

Selon un troisième mode de réalisation, l'aimant est de forme sphérique et est mobile en rotation sphérique par rapport à une structure statorique en forme de calotte sphérique formée de 4 pôles statoriques en forme de secteur de calotte, comportant deux bobines logées dans des rainures périphériques dont les plans médians sont perpendiculaires.

Avantageusement, l'aimant est de forme sphérique et est mobile en rotation sphérique par rapport à une structure statorique de forme tubulaire formée de 4 pôles statoriques en forme de quart de tube, entourés par une bobine électrique.

Selon une variante particulière d'un tel actionneur, l'entrefer principal est de forme sphérique.

Selon une autre variante particulière, l'aimant est de forme sphérique et entoure une culasse sphérique, et est mobile en rotation sphérique autour d'une structure statorique de forme demi-sphérique formée de 4 pôles statoriques en forme de quart de sphère.

Selon un mode de réalisation particulier, l'aimant est de forme sphérique et entoure une culasse sphérique, et est mobile en rotation sphérique autour d'une structure statorique formé de deux pièces statoriques demi-sphériques.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, se référant à des exemples non limitatifs de réalisation, illustrés par les dessins annexés où :

- Les figures 1 et 2 représentent des vues schématiques respectivement en vue transversale, et de la partie statorique d'une première variante de réalisation sous la forme d'un actionneur linéaire XY ;

5 - les figures 3a et 3b illustrent le fonctionnement de l'actionneur ;

- les figures 4 et 5 représentent des vues d'une variante de réalisation d'un actionneur XY ;

10 - les figures 6 et 7 représentent des vues schématiques respectivement en vue transversale, et de la partie statorique d'une première variante de réalisation sous la forme d'un actionneur linéaire XY ;

15 - les figures 8 et 9 représentent une variante d'un actionneur cylindrique $x-\theta$, respectivement sans et avec l'aimant ;

- les figures 10 à 12 représentent des vues en perspective, respectivement sans et avec aimant, et en coupe transversale, d'un actionneur linéaire-rotatif ;

20 - les figures 13 à 16 représentent des vues en perspective, respectivement sans et avec aimant, et en vue transversale, et en vue éclatée d'une deuxième version d'un actionneur linéaire-rotatif ; ;

25 - les figures 17 à 19 représentent des vues en perspective, respectivement sans et avec aimant, et de la partie statorique d'une troisième version d'un actionneur linéaire-rotatif ;

- les figures 20 et 21 représentent une variante de réalisation d'un actionneur de type « linéaire et rotatif extérieurs » ;

30 - les figures 22 et 23 représentent une deuxième version d'un actionneur de type « linéaire et rotatif extérieurs » ;

35 - les figures 24 et 25 représentent une troisième version d'un actionneur de type « linéaire et rotatif extérieurs » ;

- la figure 26 représente une première version d'une variante de type « Linéaire intérieur, rotatif extérieur » ;

5 - les figures 27 et 27b représentent une version modifiée d'une variante de type « Linéaire intérieur, rotatif extérieur » ;

10 - les figures 28 et 29 représentent, en vue de trois quart face et en vue transversale, une deuxième version d'une variante de type « Linéaire intérieur, rotatif extérieur » ;

- les figures 30 et 31 décrivent un actionneur de type « Linéaire extérieur, rotatif intérieur » respectivement de trois quarts face et en vue partiellement coupée ;

15 - la figure 32 représente une vue de trois quarts face de l'ensemble stator d'une variante de type « Linéaire extérieur, rotatif intérieur » ;

20 - les figures 33 et 34 représentent des vues d'un actionneur sphérique et du stator d'un tel actionneur ;

- la figure 35 représente une vue d'une deuxième version d'actionneur sphérique ;

- la figure 36 représente une vue d'une troisième version d'actionneur sphérique ;

25 - les figures 37 et 38 représentent des vues de trois quart face et en coupe d'une quatrième version d'actionneur sphérique ;

30 - les figures 39 et 40 représentent des vues de trois quart face et en coupe d'une cinquième version d'actionneur sphérique ;

- les figures 41 et 42 représentent des vues de trois quart face et en coupe d'une sixième version d'actionneur sphérique ;

35 - les figures 43 et 44 représentent des vues de trois quart face et en vue transversale d'un actionneur

avec détecteur de position ;

L'invention concerne un nouveau type d'actionneur permettant de déplacer une partie mobile suivant deux degrés de liberté.

5 Les applications visées sont :

- Applications informatiques : souris, joystick
 - Applications industrielles : pick and place
 - Applications automobiles : assistance au
- 10 passage des vitesses.

Les figures 1 et 2 représentent des vues d'un premier exemple de réalisation d'un actionneur linéaire XY.

L'objectif est de déplacer une partie mobile dans un plan suivant 2 axes comportant à la base une structure composée d'un stator à 4 pôles, d'un aimant mobile et d'une culasse qui pourra être fixe ou mobile avec l'aimant.

15

La première version présentée en référence aux figures 1 et 2 concerne un actionneur à culasse fixe. Dans cette architecture, seul l'aimant (14) est donc mobile.

20

L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 aimant plat (14) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou axialement anisotrope. Dans ce dernier cas, le sens de l'anisotropie devra être perpendiculaire à la surface des pôles. Il sera aimanté dans cette même direction.
 - 1 culasse (5) en matériau magnétique à haute perméabilité
 - 1 stator composé d'une base plane (6) et de 4 pôles (1 à 4) de section rectangulaire. Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité
 - 4 bobines (7 à 10), chacune entourant l'un des pôles du stator
- 25
- 30

35 Eventuellement un support d'aimant venant

entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

Pour ce dernier, toute forme peut être imaginée.

5 Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante, en référence aux figures 3a et 3b :

10 Si l'on impose le même courant i_1 dans les bobines (7) et (8) et un courant i_2 dans les bobines (9) et (10), on crée une différence de potentiel suivant l'axe X : on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

15 De la même façon, si l'on impose un courant i_3 dans les bobines (7) et (9) et un courant i_4 dans les bobines (8) et (10), on crée une force F_y proportionnelle à la différence de potentiel magnétique, colinéaire à l'axe Y.

20 Cela étant établi, il en découle que la composition des dits courants nous permettra, par le principe de superposition, de créer toute force dont la direction sera comprise dans ce plan XY.

En effet :

25 si en alimentant (7) et (8) par un courant i_1 et en alimentant (9) et (10) par un courant i_2 , on crée une force F_x

 si en alimentant (7) et (9) par un courant i_3 et en alimentant (8) et (10) par un courant i_4 , on crée une force F_y

30 Alors, en alimentant (7) par i_1+i_3 , (8) par i_1+i_4 , (9) par i_2+i_3 et (10) par i_2+i_4 , on crée une force $F_x + F_y$.

Cet actionneur permet donc de créer une force d'intensité et de direction réglables dans le plan (XY).

35 Soit L l'épaisseur de l'aimant, E l'entrefer, c_x et c_y les courses du capteur dans les deux dimensions et

d_x et d_y les distances de pôle à pôle suivant les 2 axes.

On conseillera d'utiliser un rapport L/E compris entre 1 et 2.

Si l'on prend pour dimensions de l'aimant ($c_x + E + d_x$) et ($c_y + E + d_y$) et pour dimensions minimales des pôles statoriques ($c_x + E$) et ($c_y + E$) dans le plan de mesure, la linéarité de la force en fonction du courant sera effective sur les deux axes.

Une autre architecture de cet actionneur peut être imaginée selon la variante représentée en figures 4 et 5.

L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 aimant plat (14), de forme rectangulaire, composé d'une nuance d'aimant isotrope ou axialement anisotrope. Dans ce dernier cas, le sens de l'anisotropie devra être perpendiculaire à la surface des pôles. Il sera aimanté dans cette même direction.
- 1 stator X (20) en matériau magnétique à haute perméabilité composé d'une base plane (23) et de 2 pôles (21, 22) de section rectangulaire.
- 1 stator Y (28) composé d'une base plane (25) et de 2 pôles (26, 27) aux propriétés analogues au stator X. Ces deux pôles (26, 27) sont orientés perpendiculairement aux pôles (21, 22) du stator X
- 2 bobines X (31, 32), chacune entourant l'un des pôles (21, 22) du stator X
- 2 bobines Y (36, 37), chacune entourant l'un des pôles (26, 27) du stator Y.

Les bobines sont des bobines plates entourant chacun des pôles statoriques.

Eventuellement un support d'aimant venant entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

Le stator X et le stator Y sont disposés de

part et d'autre de l'entrefer principal dans lequel est placé l'aimant (14). Les pôles (21, 22) du stator X sont orientés perpendiculairement aux pôles (26, 27) du stator Y, afin d'entraîner l'aimant mobile dans les deux directions perpendiculaires et d'assurer un déplacement bidirectionnel de l'organe auquel il est accouplé.

Le fonctionnement de cette version peut être expliqué de la manière suivante :

Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (31) et un courant i_2 dans la bobine (32), on crée une différence de potentiel suivant l'axe X et on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_3 dans la bobine (36) et un courant i_4 dans la bobine (37), on crée une force F_y proportionnelle à la différence de potentiel magnétique, colinéaire à l'axe Y.

En conjuguant le pilotage des courants dans les bobines (X) et dans les bobines (Y) indépendamment les unes des autres, on pourra créer une force réglable en amplitude et en direction dans le plan XY.

les figures 6 et 7 représentent des vues schématiques respectivement en vue transversale, et de la partie statorique d'une première variante de réalisation sous la forme d'un actionneur linéaire XY. Cette variante de l'actionneur présente l'avantage de ne nécessiter qu'une seule bobine par axe.

L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 aimant plat (14) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou axialement anisotrope. Dans ce dernier cas, le sens de l'anisotropie devra être perpendiculaire à la surface des pôles. Il sera aimanté dans cette même direction.
- 1 culasse (40) constitué par une plaque en un matériau

magnétique à haute perméabilité

- 1 stator (41) composé de 4 pôles (42 à 45) de section rectangulaire reliés par des noyaux autour desquels seront enroulées les bobines (46, 47). Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité. Il est constitué dans l'exemple décrit par un bloc parallélépipédique, présentant des rainures médianes perpendiculaires pour le positionnement des bobines et délimitant les pôles statoriques (42 à 45)
- 2 bobines croisées (46, 47), entourant le stator (41) dans deux directions perpendiculaires.

Eventuellement un support d'aimant venant entourer l'aimant pour transmettre l'effort ou le déplacement fourni à une pièce externe.

Le fonctionnement de cette version peut être expliqué de la manière suivante :

Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (46), on crée une différence de potentiel suivant l'axe X et on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée, donc au courant i_1 .

De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans la bobine (47), on crée une force F_y proportionnelle à la différence de potentiel magnétique et donc au courant i_2 , colinéaire à l'axe Y.

On comprend alors aisément qu'en conjuguant le pilotage des courants dans les bobines (46) et dans les bobines (47) indépendamment l'une de l'autre, on pourra créer une force réglable en amplitude et en direction dans le plan XY.

Cette variante peut être également réalisée en symétrique, c'est-à-dire en remplaçant la culasse par un ensemble stator + bobines. On augmentera alors l'amplitude de la force créée.

On peut également réaliser le stator en

plusieurs parties distinctes, par exemple en séparant les pôles. On peut alors obtenir une version sans noyau de bobine ferromagnétique ou dotée de noyaux de bobine indépendants, ce qui permettrait de faciliter le bobinage.

5 Cette variante peut elle aussi être réalisée en version symétrique.

10 Les figures 8 et 9 représentent une variante d'un actionneur cylindrique $x-\theta$, respectivement sans et avec l'aimant. Plusieurs versions peuvent être imaginées. L'actionneur présente une structure cylindrique, comprenant donc une zone à l'intérieur de l'aimant et une zone à l'extérieur de ce même aimant. Cette structure remplit deux fonctions à assurer : fonction d'actionneur rotatif et d'actionneur linéaire. Les solutions définies ci-après
15 seront définies par la situation (« intérieur » ou « extérieur ») de chacune de ces fonctions. De façon générale, l'actionneur comprend une structure statorique présentant quatre pôles (51 à 54) en forme de demi-cylindres et un aimant tubulaire (55).

20 La description qui suit présentera d'abord un actionneur de type « Linéaire et rotatif intérieurs ».

 Une première solution est décrite en figures 10 à 12 : elle consiste en l'utilisation d'un stator interne cylindrique composé de quatre pôles identiques. Deux
25 bobines sont entourées autour de chacun de ces pôles.

 L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 demi-aimant bague (60) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement.
30 Celui-ci pourra être indépendant ou collé à la culasse (61)
- 1 culasse bague (61) en matériau magnétique à haute perméabilité
- 1 stator composé de 4 pôles (62 à 65) de forme
35 extérieure cylindrique reliés par des noyaux (70, 71)

autour desquels seront enroulées les bobines (66 à 69).
Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, il pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques

- 4 bobines (66 à 69), entourant le stator.

Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

Si l'on impose le même courant i_1 dans les bobines (66) et (67) et un courant i_2 dans les bobines (68) et (69), on crée une différence de potentiel suivant l'axe X et on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_3 dans les bobines (66) et (68) et un courant i_4 dans les bobines (67) et (69), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

Cela étant établi, il en découle que la composition des dits courants nous permettra, par le principe de superposition, de créer tout ensemble « force - moment » de direction colinéaire à l'axe X.

En effet :

si en alimentant (66) et (67) par un courant i_1 et en alimentant (68) et (69) par un courant i_2 , on crée une force F_x

si en alimentant (66) et (68) par un courant i_3 et en alimentant (67) et (69) par un courant i_4 , on crée un moment M_x

Alors, en alimentant (66) par i_1+i_3 , (67) par i_1+i_4 , (68) par i_2+i_3 et (69) par i_2+i_4 , on crée une force F_x et un moment M_x

Cet actionneur permet donc de créer à la fois

une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

Les figures 13 à 16 représentent une deuxième solution d'un actionneur linéaire-rotatif.

5 Cette deuxième solution consiste à remplacer 2 des 4 bobines de la solution précédente par une bobine montée sur l'axe principal du mécanisme. Celle-ci, nommée (4L), assurera la partie « force axiale » et les 2 autres créeront le moment.

10 L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 demi-aimant bague (60) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci pourra être indépendant ou collé
15 à la culasse.
- 1 culasse bague (61) en matériau magnétique à haute perméabilité
- 1 stator composé de 4 pôles (62 à 65) de forme
20 extérieure cylindrique. Les demi-lunes situées en vis-à-vis radial sont reliés 2 à 2 par des noyaux (70, 71) autour desquels seront enroulées les bobines (4R). Les ensembles ainsi constitués seront reliés par un noyau axial (72) autour duquel sera enroulée la bobine (4L). Tous ces pôles seront également réalisés en matériau
25 magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, il pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques (cf. figure 16).
- 2 bobines longitudinales (4R)
- 30 • 1 bobine transversale (4L)

 Eventuellement un support d'aimant venant entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

35 Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

Si l'on impose le courant i_1 dans la bobine (4L), on crée une différence de potentiel magnétique suivant l'axe X: on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans les bobines (4R), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

Les figures 17 à 19 représentent une troisième version d'un actionneur linéaire-rotatif. Le stator est formé par une pièce cylindrique présentant 4 pôles (62 à 65) en forme de demi-cylindres. Dans cette solution, on remplace les 2 bobines précédemment notées (4R) par une seule et même bobine. On a alors en tout et pour tout 2 bobines croisées, comme l'illustrent les figures 17 à 19.

Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (4L), on crée une différence de potentiel magnétique suivant l'axe X: on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans la bobine (4R), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

Une autre structure pourrait également être obtenue en scindant la bobine (4L) en 3 ou quatre bobines venant se monter de part et d'autre des pôles axiaux.

5 Les figures 20 et 21 représentent une variante de réalisation d'un actionneur de type « linéaire et rotatif extérieurs ».

10 Toutes les versions présentées dans cette partie sont en fait des versions homologues des versions présentées dans la partie précédente : on ne fait qu'inverser les parties intérieures et extérieures. Elles seront néanmoins présentées dans un souci de clarté.

Dans la version représentée en figures 20 et 21, on dispose de quatre bobines extérieures, chacune d'elles entourant un pôle.

15 L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 20 • 1 demi-aimant bague (80) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci pourra être indépendant ou collé à la culasse
- 1 culasse cylindrique (81) en matériau magnétique à haute perméabilité
- 25 • 1 stator composé de 4 pôles (82 à 85) de forme intérieure cylindrique reliés par une base commune. Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, il pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques.
- 30 • 4 bobines (86 à 89), entourant les pôles statoriques respectivement (82 à 85)

Eventuellement un support d'aimant venant entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

35 Cette version fonctionne de façon semblable à la version représentée en référence aux figures 10 à 12 :

En effet, en alimentant (86) par i_1+i_3 , (87) par i_1+i_4 , (88) par i_2+i_3 et (89) par i_2+i_4 , on crée une force F_x et un moment M_x

5 Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

Les figures 22 et 23 représentent une deuxième version d'un actionneur de type « linéaire-rotatif ».

10 L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 demi-aimant bague (90) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci pourra être indépendant ou collé à la culasse.
- 15 • 1 culasse cylindrique (95) en matériau magnétique à haute perméabilité
- 1 stator composé de 4 pôles (91 à 94) et d'une structure (96) commune. Autour des pôles (91, 92) seront enroulées les bobines (4R) (97, 98). La bobine (4L) sera située entre les pôles comme montré sur la figure 22. Tous ces pôles (91 à 94) seront également réalisés en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, l'ensemble pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques .
- 20
- 25 • 2 bobines (4R)
- 1 bobine (4L)

Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

30 Si l'on impose le courant i_1 dans la bobine (4L), on crée une différence de potentiel magnétique suivant l'axe X: on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

35 De la même façon, si l'on impose un courant i_2

dans les bobines (4R), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

5 Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

10 Les bobines (4L) et (4R) sont représentées ici de forme rectangulaire pour faciliter la lecture du dessin, mais il va de soi qu'elles pourraient également, par exemple, prendre une forme cylindrique.

On peut également, dans le souci d'augmenter le couple, disposer de 4 bobines (4R), en en disposant 2 sur les 2 pôles statoriques non utilisés.

15 Les figures 24 et 25 représentent une troisième version d'un actionneur de type « linéaire-rotatif », présentant 2 bobines croisées. L'actionneur selon cette troisième version est composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 20 • 1 demi-aimant bague (90) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci pourra être indépendant ou collé à la culasse.
- 25 • 1 culasse cylindrique (95) en matériau magnétique à haute perméabilité
- 30 • 1 stator composé de 4 pôles (91 à 94) et d'une structure (96) commune. Autour de 2 d'entre eux sera enroulée la bobine (4R). La bobine (4L) sera située entre les pôles (91 à 94). Tous ces pôles seront également réalisés en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, il pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques .
- 35 • 1 bobine (4R)
- 1 bobine (4L)

Eventuellement un support d'aimant venant entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

5 Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (4L), on crée une différence de potentiel magnétique suivant l'axe X: on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

10 De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans la bobine (4R), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

15 Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

20 Une autre structure pourrait également être obtenue en scindant la bobine (4L) en 3 ou quatre bobines venant se monter de part et d'autre des pôles axiaux, ou en ajoutant une deuxième bobine (4R), symétriquement à la première par rapport à l'axe.

25 Enfin, pour chacune de ces versions, une autre structure pourrait également être obtenue en multipliant la structure statorique par l'utilisation de plusieurs stators. On obtient ainsi une structure à plus de pôles extérieurs, avec plusieurs aimants, qui offre une course angulaire plus faible mais un couple plus important. On peut ainsi imaginer toute structure à (2N) pôles radiaux écartés angulairement de $(360^\circ/2N)$, à N aimants.

30 La figure 26 représente une première version d'une variante de type « Linéaire intérieur, rotatif extérieur ». L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 demi-aimant bague (100) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci devra être indépendant des deux stators.

5 • 1 stator cylindrique en matériau magnétique à haute perméabilité, composé de deux pôles (101, 102) de même diamètre. La bobine (103) sera située entre ces deux pôles, autour d'un noyau ferromagnétique.

10 • 1 stator composé de 2 pôles (104, 105) et d'une structure commune (108). Autour d'eux seront enroulées les bobines (106, 107). Ces pôles (104, 105) seront également réalisés en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, ce stator pourra être fait d'une seule pièce ou d'un

15 assemblage de pièces ferromagnétiques .

- 1 bobine (106)

- 1 bobine (107)

20 Eventuellement un support d'aimant venant entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

25 Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (103), on crée une différence de potentiel magnétique suivant l'axe X: on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

30 De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans les bobines (106, 107), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

35 Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

Une autre structure pourrait également être obtenue en multipliant la structure statorique extérieure suivant la figure 27. On obtient ainsi une structure à plus de pôles extérieurs (110, 111, 112, 113), avec plusieurs aimants (115, 116), qui offre une course angulaire plus faible mais un couple plus important. On peut ainsi imaginer toute structure à $(2N)$ pôles radiaux. Ce principe de multiplication pourra également être appliqué à chaque structure cylindrique décrite dans ce texte.

Une autre structure pourrait également être obtenue en n'utilisant qu'une seule bobine pour la création d'un moment de rotation. Les figures 28 et 29 représentent des vues de trois quart face et en coupe d'une telle version. Celle-ci consiste en un nouvel arrangement de la partie extérieure de l'actionneur permettant de n'avoir que 2 bobines. L'actionneur est alors composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 demi-aimant bague (120) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci devra être indépendant des deux stators.
- 1 stator cylindrique en matériau magnétique à haute perméabilité, composé de deux pôles (121, 122) de même diamètre. La bobine (125) sera située autour de ce stator, entre les 2 pôles (121, 122).
- 1 stator composé de 2 pôles (123, 124) et d'une structure commune. La bobine (126) entoure ce stator, entre les 2 pôles (123, 124). Ces pôles seront également réalisés en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, ce stator pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques.
- 1 bobine (125)
- 1 bobine (126)

Eventuellement un support d'aimant venant

entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

5 Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (125), on crée une différence de potentiel magnétique suivant l'axe X: on crée donc une force F_x suivant l'axe X proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

10 De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans la bobine (126), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

15 Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

Les figures 30 et 31 décrivent un actionneur de type « Linéaire extérieur, rotatif intérieur ».

20 L'actionneur est composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 demi-aimant bague (140) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci devra être indépendant des deux
25 stators.
- 1 stator cylindrique en matériau magnétique à haute perméabilité, composé de deux pôles (141, 142) de même diamètre. La bobine (143) sera située entre les 2 pôles.
- 30 • 1 stator (2R) composé de 2 pôles (144, 145) et d'un noyau commun. La bobine (146) sera située entouré autour de ce noyau, entre les 2 pôles (144, 145). Ces pôles seront également réalisés en matériau magnétique à haute perméabilité
- 35 • 1 bobine (143)

- 1 bobine (146)

Eventuellement un support d'aimant venant entourer l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

5 Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (143), on crée une différence de potentiel magnétique suivant l'axe X: on crée donc une force F_x suivant l'axe X
10 proportionnelle à la différence de potentiel magnétique créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans la bobine (146), on crée cette fois un moment de rotation M_x sur l'aimant colinéaire à l'axe X et
15 proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

Cet actionneur permet donc de créer à la fois une force et un moment d'intensités réglables, tous deux colinéaires à l'axe X.

20 Notons qu'en réalisant le stator sous forme de quatre quarts de cylindres (150 à 153) autour desquels s'entourent 2 bobines (154, 155) (cf. Figure 32), on obtient une version 4 pôles en rotatif, de course réduite à moins de 90° mais fournissant un couple plus important.
25 On aura alors 2 aimants de 90° de largeur angulaire.

Les figures 33 et 34 représentent des vues d'un actionneur sphérique α - β et de son stator.

Plusieurs versions peuvent être imaginées. Les solutions définies ci-après seront définies par la
30 situation (« intérieur » ou « extérieur ») des deux fonctions (rotation autour de 2 axes) assurées par l'actionneur.

L'actionneur est composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 35 • 1 demi-aimant sphérique (200) composé d'une nuance

d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci pourra être indépendant ou collé à la culasse, ainsi que montré sur la figure (33).

- 5 • 1 culasse sphérique creuse (201) en matériau magnétique à haute perméabilité
- 1 stator composé de 4 pôles (202 à 205) de forme extérieure sphérique reliés par des noyaux autour
10 desquels seront enroulées les quatre bobines (206 à 209). Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, il pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques.
- 15 • 4 bobines (206 à 209), entourant le stator

 Eventuellement un support d'aimant venant se fixer à l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

20 Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

 Si l'on impose le même courant i_1 dans les bobines (206) et (208), on crée une différence de potentiel suivant une rotation autour de l'axe X et l'on crée donc un moment M_x suivant l'axe X proportionnel à la différence de
25 potentiel magnétique créée.

 De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans les bobines (207) et (209), on crée cette fois un moment de rotation M_y sur l'aimant colinéaire à l'axe Y et proportionnel à la différence de potentiel magnétique
30 créée.

 La composition des dits courants nous permettra, par le principe de superposition, de créer tout moment dont l'axe sera compris dans ce plan XY.

 En effet :

35 En alimentant (206) et (208) par un courant i_1 ,

on crée un moment M_x

En alimentant (207) et (209) par un courant i_2 ,
on crée un moment M_y

Alors, en alimentant (206) et (208) par i_1 ,
5 (207) et (209) par i_2 , on crée un moment M_x et un moment M_y .

Cet actionneur permet donc de créer des couples indépendants suivant deux axes orthogonaux.

La figure 35 représente une deuxième version
10 d'un actionneur sphérique. L'actionneur est composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 demi-aimant sphérique (210) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci pourra être indépendant ou
15 collé à la culasse, ainsi que montré sur la figure (35).
- 1 culasse sphérique creuse (211) en matériau magnétique à haute perméabilité
- 1 stator composé de 4 pôles (212 à 215) de forme
20 extérieure sphérique reliés par des noyaux autour desquels seront enroulées les bobines (216, 217). Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, il pourra être fait d'une seule pièce ou d'un
25 assemblage de pièces ferromagnétiques.
- 2 bobines (216), et (217), croisées, entourant le stator

Eventuellement un support d'aimant venant se
fixer à l'aimant pour transmettre l'effort - ou le
30 déplacement - fourni à une pièce externe.

Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (216), on crée une différence de potentiel suivant une
35 rotation autour de l'axe X et l'on crée donc un moment M_x

suivant l'axe X proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans la bobine (217), on crée cette fois un moment de rotation M_y sur l'aimant colinéaire à l'axe Y et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

La composition des dits courants nous permettra, par le principe de superposition, de créer tout moment dont l'axe sera compris dans ce plan XY.

La figure 36 correspond à un autre arrangement de ce même système, plus facilement réalisable industriellement mais à plus faible course.

Les parties statoriques sont réalisées en forme de quart de secteur sphérique (220 à 223). Ils sont entourés par deux bobines (224, 225).

Les figures 37 et 38 représentent des vues d'un actionneur sphérique de type « Tout extérieur ».

Le principe de cette solution consiste à inverser l'architecture de l'actionneur précédent, en mettant la culasse et l'aimant à l'intérieur, les pôles statoriques à l'extérieur.

La première version de l'actionneur est composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 aimant en forme de calotte sphérique (230) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement.
 - 1 culasse sphérique (231) en matériau magnétique à haute perméabilité
 - 1 stator composé de 4 pôles (232 à 235) de forme extérieure en quart de cylindre et de forme intérieure sphérique reliés par des noyaux autour desquels seront enroulées les bobines (236 à 239). Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité.
- Selon les préférences de fabrication, il pourra être

fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques.

- 4 bobines (236 à 239), entourant le stator, 2 par axe de rotation

5 Eventuellement un support d'aimant venant se fixer à l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

10 Le fonctionnement de cet actionneur est en tout point le même que celui du premier actionneur sphérique présenté dans ce texte.

 Les figures 39 et 40 représentent une deuxième version d'un actionneur sphérique de type « tout extérieur ».

15 L'actionneur est composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 aimant en forme de calotte sphérique (250) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement.
- 1 culasse sphérique (251) en matériau magnétique à haute perméabilité
- 1 stator composé de 4 pôles (252 à 255) de forme intérieure sphérique reliés par des noyaux autour desquels seront enroulées les bobines (256, 257). Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité. Selon les préférences de fabrication, il pourra être fait d'une seule pièce ou d'un assemblage de pièces ferromagnétiques.
- 2 bobines (256, 257), entourant le stator, 1 par axe de rotation

30 Le fonctionnement de cet actionneur est en tout point le même que celui de l'actionneur sphérique présenté en figures 35 et 36.

35 Les figures 41 et 42 représentent des vues de trois quart face et en coupe partielle d'un actionneur hybride (intérieur & extérieur).

L'actionneur est composé des parties fonctionnelles suivantes:

- 1 aimant en forme de calotte sphérique (260) composé d'une nuance d'aimant isotrope ou radialement anisotrope, aimanté radialement. Celui-ci devra être indépendant des deux stators
- 1 stator intérieur, de formes extérieures sphériques, en matériau magnétique à haute perméabilité. Il présente 2 pôles (261, 262) reliés par un noyau autour duquel est enroulée la bobine (265).
- 1 stator extérieur composé de 2 pôles (263, 264) de forme intérieure sphérique reliés par un noyau autour duquel sera enroulée la bobine (266). Il sera également réalisé en matériau magnétique à haute perméabilité.
- 1 bobine (266), entourant le stator extérieur
- 1 bobine (265), entourant le stator intérieur

Eventuellement un support d'aimant venant se fixer à l'aimant pour transmettre l'effort - ou le déplacement - fourni à une pièce externe.

Le fonctionnement de cet actionneur peut être expliqué de la manière suivante:

Si l'on impose un courant i_1 dans la bobine (266), on crée une différence de potentiel suivant une rotation autour de l'axe X et l'on crée donc un moment M_x suivant l'axe X proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

De la même façon, si l'on impose un courant i_2 dans la bobine (265), on crée cette fois un moment de rotation M_y sur l'aimant colinéaire à l'axe Y et proportionnel à la différence de potentiel magnétique créée.

La composition des dits courants nous permettra, par le principe de superposition, de créer tout moment dont l'axe sera compris dans ce plan XY.

Chacun des systèmes électromagnétiques ci-dessus pourra être couplé avec des capteurs de position dimensionnels sans contact.

5 On obtiendra alors un ensemble « capteur - actionneur » permettant d'assurer deux fonctions dans un même volume et ainsi de travailler en boucle fermée.

Pour cela, on devra séparer les parties fer entre les pôles des stators (à savoir celles autour desquelles on vient entourer les bobines, généralement
10 nommées « noyau » tout au long de ce brevet) au moyen d'une fente.

On viendra alors positionner dans la dite fente un élément sensible aux champs magnétiques (par exemple une sonde à effet Hall).

15 Les figures 43 et 44 illustrent l'application de ce principe sur un actionneur XY plan.

Le capteur de position permet de mesurer les variations de flux créées par un aimant mobile dans un entrefer.

20 Le stator est constitué de quatre parties rectangulaires (300 à 303) entourées par quatre bobines (310 à 313). Un aimant mince (305) aimanté transversalement est placé dans l'entrefer principal (307) formé entre le stator et la culasse (306). Quatre sondes de Hall (320 à
25 323) sont placées dans les entrefers secondaires entre les parties statoriques (300 à 303).

Dans l'architecture décrite, les sondes mesureront une variation de flux due et au déplacement de l'aimant et au courant circulant dans les bobines. Il nous
30 faut donc « écarter » ce flux dû au courant. Cela pourra être fait de deux façons :

En mesurant le courant dans les bobines et en calculant le flux induit par le courant pour le soustraire à la valeur mesurée. En effet, le flux total est la somme
35 du flux dû au courant et du flux dû à l'aimant ($\Phi_t = \Phi_{ni} +$

$\Phi_a = A.ni + \Phi_a$). En connaissant l'impédance A du circuit magnétique et le courant dans les bobines, on peut aisément calculer Φ_a . L'intensité peut être mesurée par tout moyen imaginable (en relevant par exemple la chute de tension aux bornes d'une résistance d'échantillonnage traversée par le dit courant).

En alternant les fonctions « capteur » et « actionneur ». Pendant un intervalle de temps donné, on alimentera les bobines afin de produire la force (ou le couple) désiré, et, pendant l'intervalle suivant, on supprimera l'alimentation des bobines pour ne plus mesurer que le flux dû à l'aimant. On aura ainsi une force intermittente qui pourra être utilisable pour des fonctions type joystick.

REVENDICATIONS

1 - Actionneur bidirectionnel comportant au moins une structure statorique excitée par une bobine électrique, et un aimant mobile dans un entrefer principal, caractérisé en ce que la structure statorique est composée de deux paires de pôles statoriques (1 à 4), chacune des paires de pôles étant entourée par au moins une bobine électrique, la structure statorique définissant au moins un premier entrefer secondaire (6, 8) pour le déplacement de l'aimant mobile unique (14) par rapport à un premier degré de liberté, et un deuxième entrefer secondaire (7, 9) pour le déplacement de l'aimant mobile unique (14) par rapport à un deuxième degré de liberté.

2 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'aimant mobile est solidaire de la culasse.

3 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que la structure statorique est composée de 4 pôles en un matériau magnétique doux définissant entre eux deux paires d'entrefers secondaires se croisant en un point médian et en ce que l'entrefer principal (10) est plan.

4 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 3 caractérisé en ce que les pôles statoriques sont constitués par 4 pièces rectangulaires entourées chacune par une bobine électrique et définissant entre elles deux paires d'entrefers secondaires perpendiculaires.

5 - Actionneur bidirectionnel selon l'une au moins des revendications précédentes caractérisé en ce que le rapport L/E entre l'épaisseur L de l'aimant et l'épaisseur E de l'entrefer est compris entre 1 et 2.

6 - Actionneur bidirectionnel selon l'une au moins des revendications précédentes caractérisé en ce que les dimensions des entrefers secondaires sont C_1+E et C_2+E , où C_1 et C_2 désignent la course de l'aimant mobile selon

les deux directions des entrefers secondaires et en ce que les dimensions de l'aimant sont C_1+d_1+E et C_2+d_2+E , où d_1 et d_2 désignent les largeurs des entrefers secondaires.

7 - Actionneur bidirectionnel selon la
5 revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que la structure
statorique est composée de deux pièces statoriques
disposées de part et d'autre de l'aimant, chacune des
pièces statoriques présentant une paire de pôles
statoriques, la paire de pôles statoriques de l'une des
10 pièces étant orientée perpendiculairement à la paire de
pôles statoriques de l'autre pièce statorique.

8 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'aimant est de forme tubulaire et est mobile selon un premier degré de liberté en translation axiale et selon un second degré de liberté en rotation axiale par rapport à une structure statorique formée de 4 pôles statoriques en forme de portions de cylindres, présentant un premier entrefer secondaire dans le plan médian longitudinal, dans lequel est placé au moins une première bobine électrique entourant au moins un noyau ferromagnétique, et un deuxième entrefer secondaire dans le plan transversal, dans lequel est placée une deuxième bobine électrique entourant un noyau ferromagnétique.

25 9 - Actionneur bidirectionnel selon la
revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'aimant est de
forme tubulaire et est mobile selon un premier degré de
liberté en translation axiale et selon un second degré de
liberté en rotation axiale par rapport à une structure
30 statorique cylindrique extérieure formée de 4 pôles
statoriques présentant une surface concave définissant
l'entrefer principal avec la culasse cylindrique placée à
l'intérieur de l'aimant, chacun des quatre pôles
statoriques étant entouré par une bobine électrique.

35 10 - Actionneur bidirectionnel selon la

revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'aimant est de forme tubulaire et est mobile selon un premier degré de liberté en translation axiale et selon un second degré de liberté en rotation axiale par rapport à une structure statorique cylindrique constituée par une première pièce statorique extérieure pour le déplacement selon un premier degré de liberté, et une deuxième pièce statorique intérieure pour le déplacement selon un degré de liberté, chacune des pièces statoriques comportant au moins une bobine électrique d'excitation.

11 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'aimant est de forme sphérique et est mobile en rotation sphérique par rapport à une structure statorique en forme de calotte sphérique formée de 4 pôles statoriques en forme de secteur de calotte, comportant deux bobines logées dans des rainures périphériques dont les plans médians sont perpendiculaires.

12 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'aimant est de forme sphérique et est mobile en rotation sphérique par rapport à une structure statorique de forme tubulaire formée de 4 pôles statoriques en forme de quart de tube, entourés par une bobine électrique.

13 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 11 caractérisé en ce que l'entrefer principal est de forme sphérique.

14 - Actionneur bidirectionnel selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'aimant est de forme sphérique et est entouré par une culasse sphérique, et est mobile en rotation sphérique autour d'une structure statorique de forme sphérique ou demi-sphérique formée de 4 pôles statoriques en forme de quart ou de huitième de sphère.

15 - Actionneur bidirectionnel selon la

revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'aimant est de
forme sphérique et est entouré par une culasse formée de
deux pièces en forme de demi-sphères ou de quart de sphère,
et est mobile en rotation sphérique autour d'une structure
5 statorique formé de deux pièces statoriques demi-
sphériques.

1/15

Fig.1

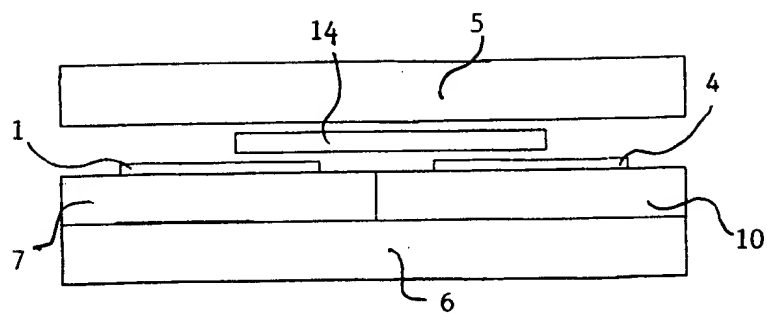
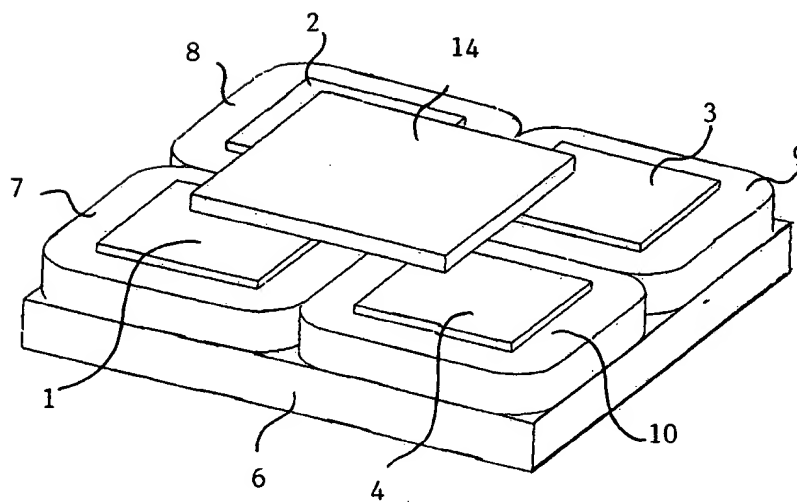


Fig.2



2/15

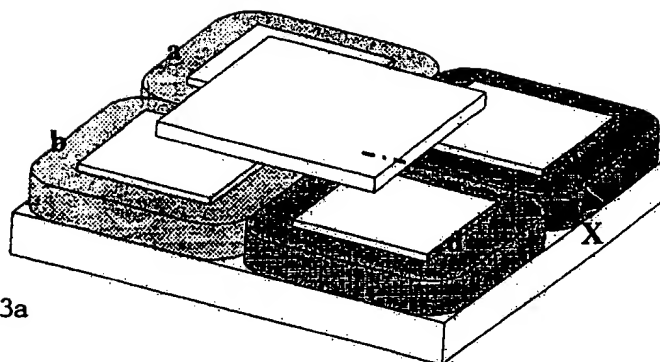


Fig. 3a

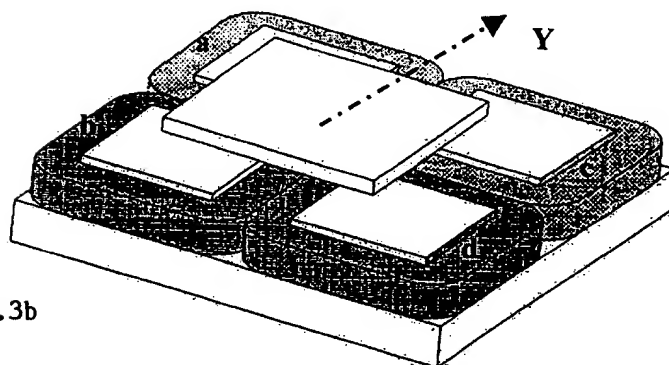


Fig. 3b

Fig. 4

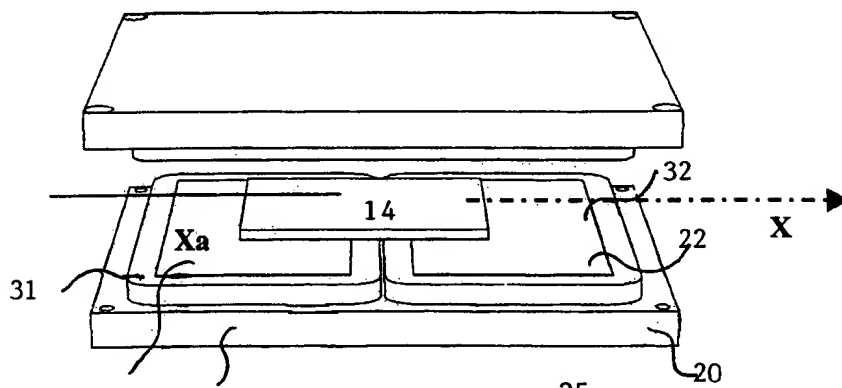
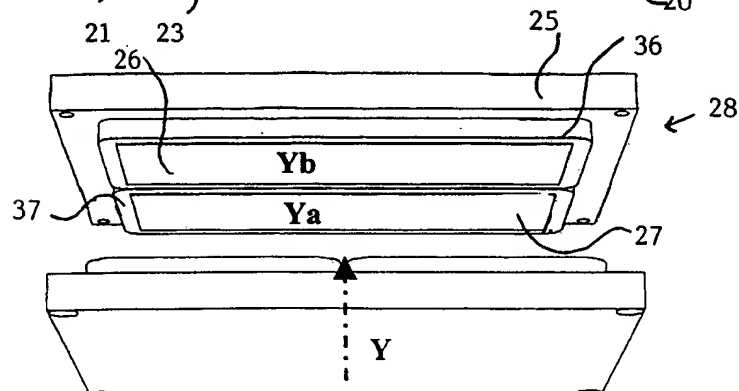


Fig. 5



3/15

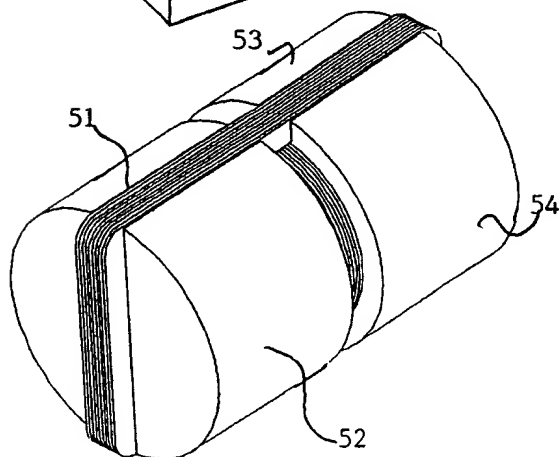
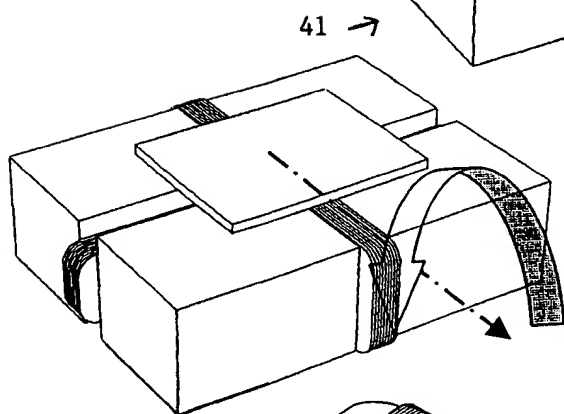
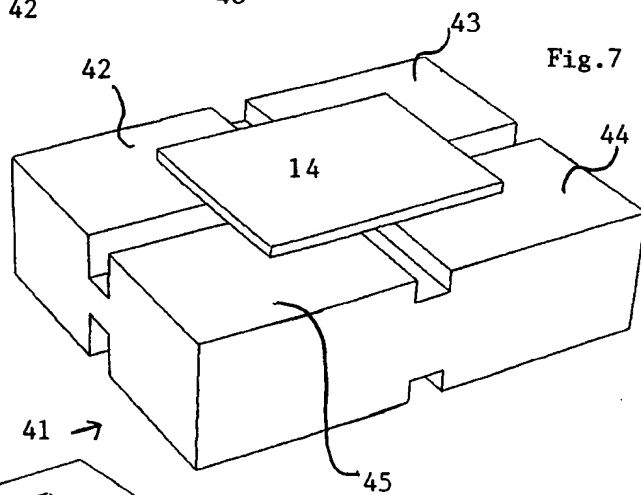
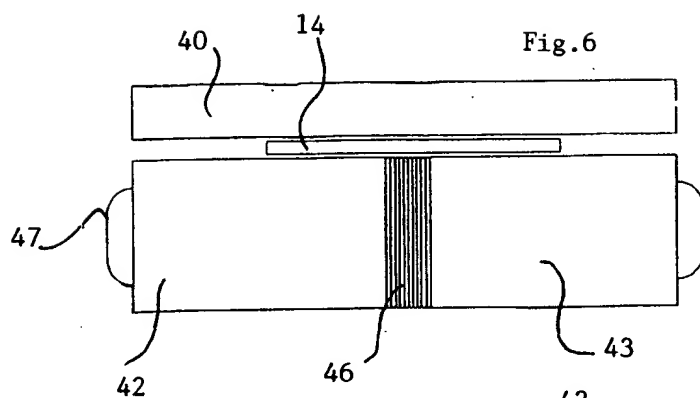


Fig.8

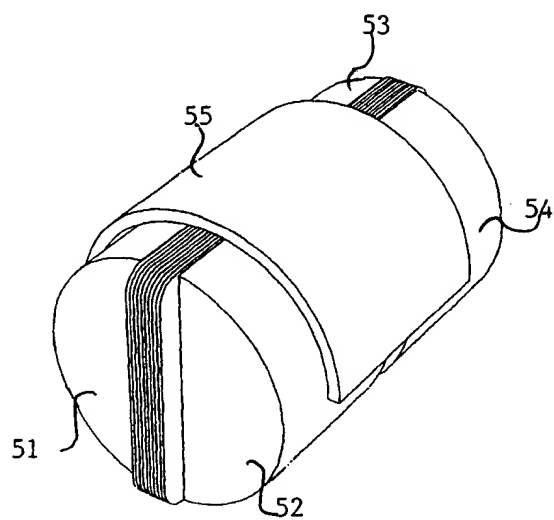


Fig.9

4/15

Fig.10

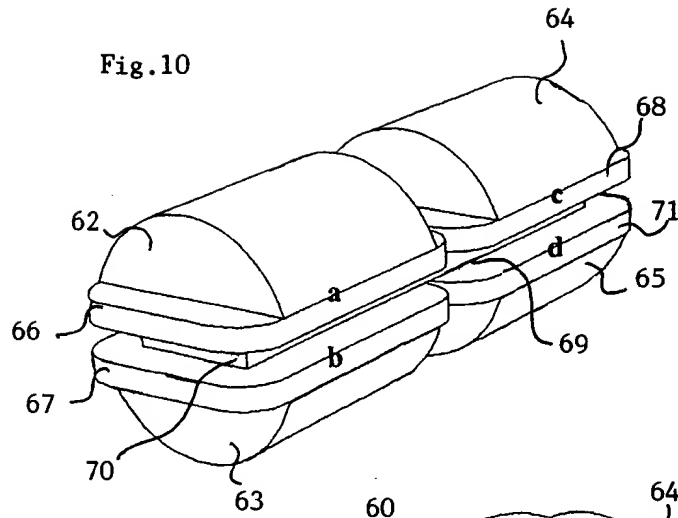


Fig.11

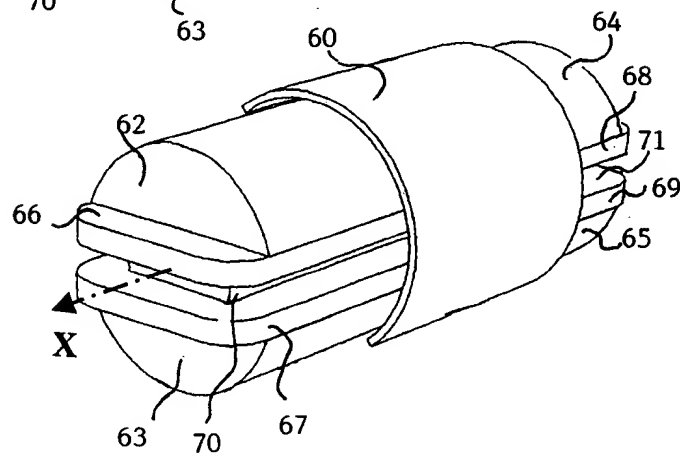


Fig.12

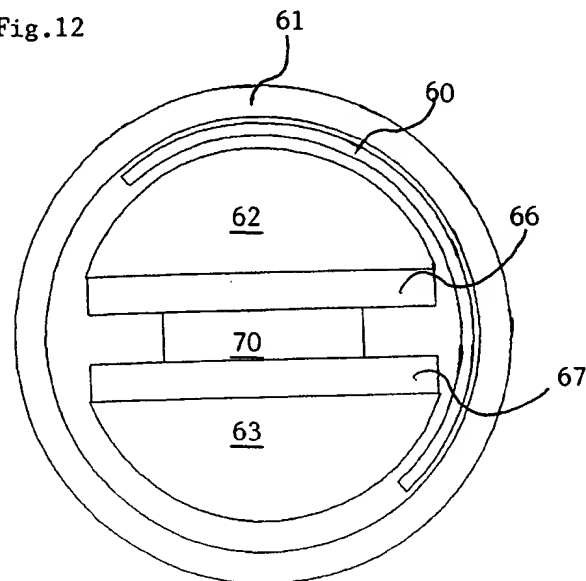


Fig.13

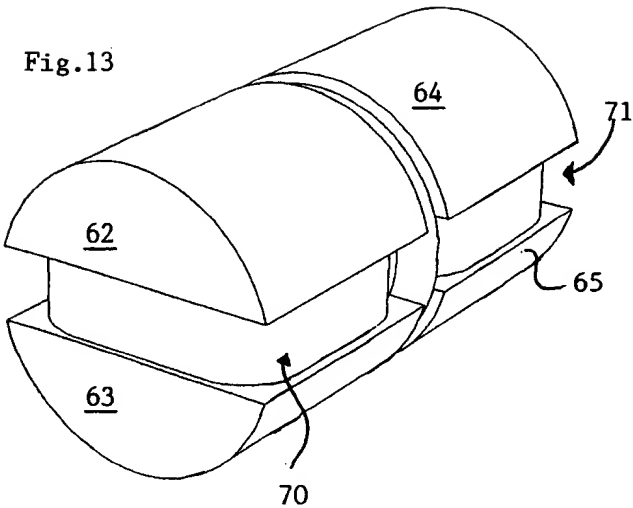


Fig.14

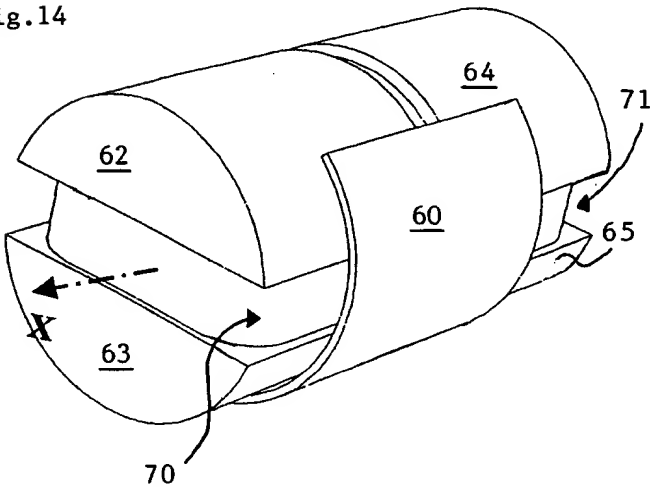


Fig.15

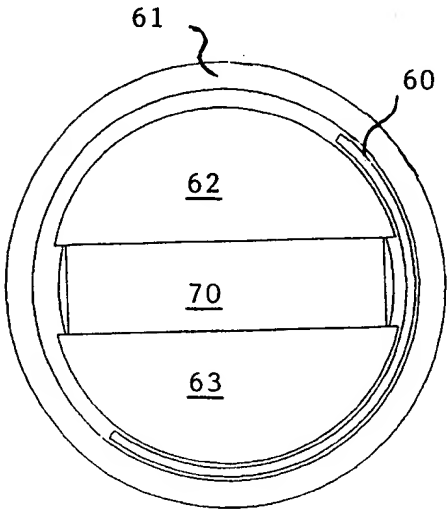


Fig.16

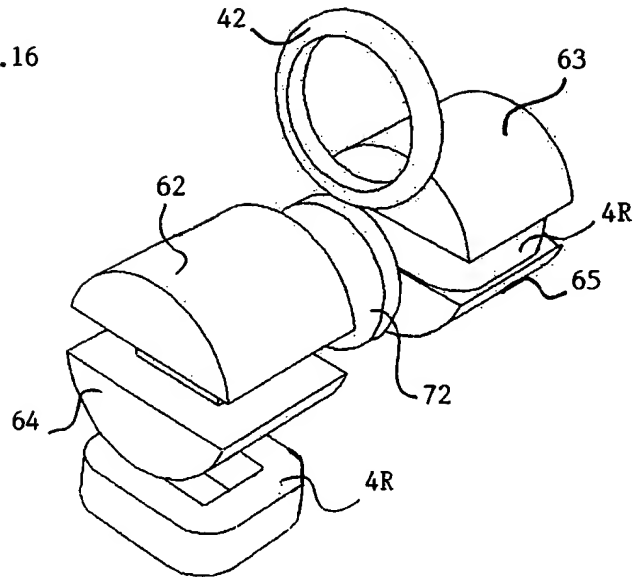


Fig.17

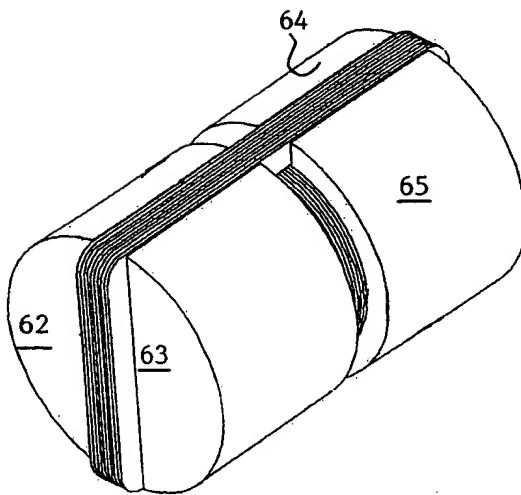


Fig.18

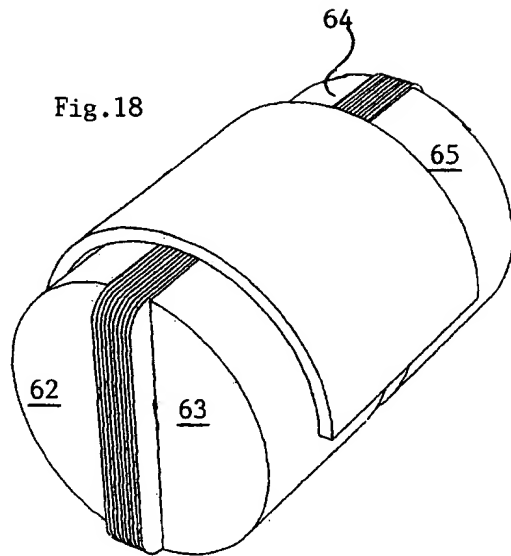
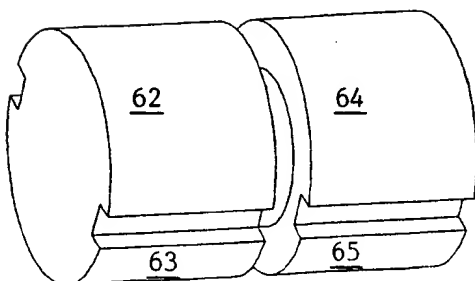


Fig.19



7/15

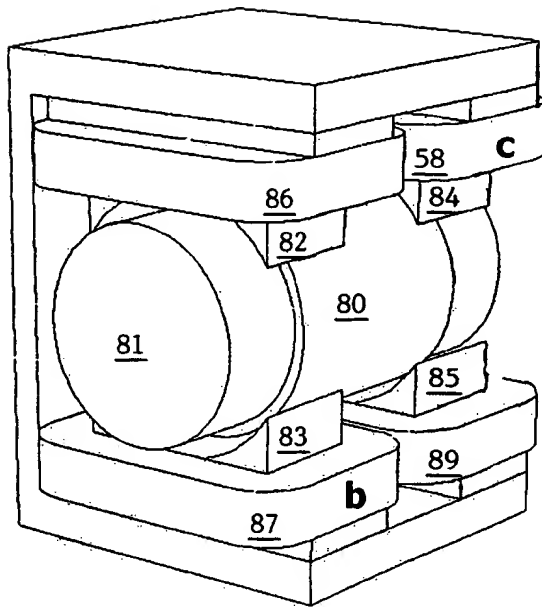


Fig. 20

Fig. 21

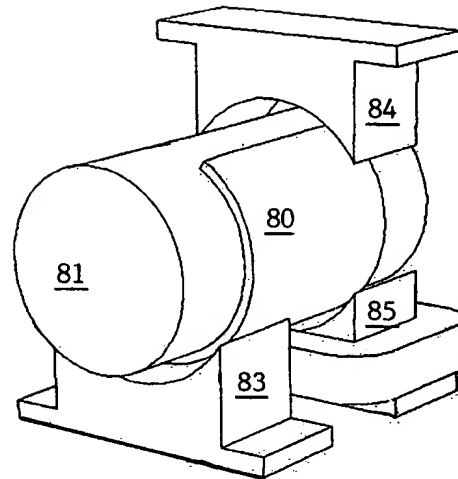


Fig. 22

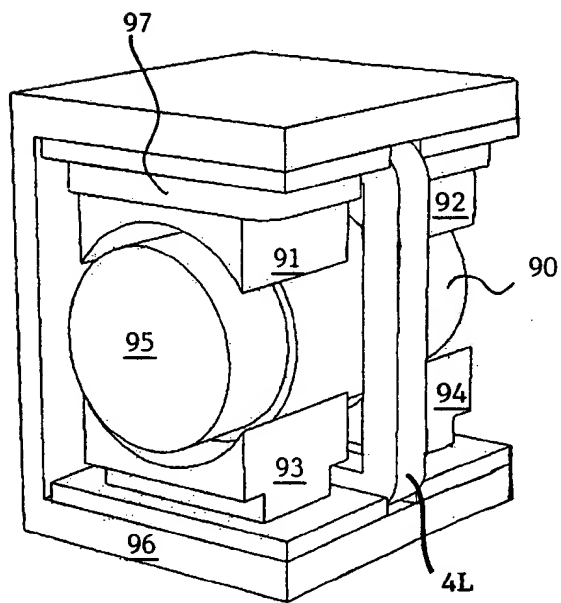
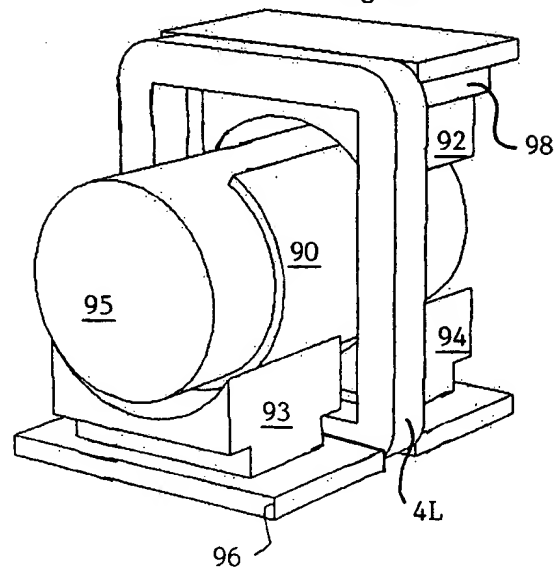


Fig. 23



8/15

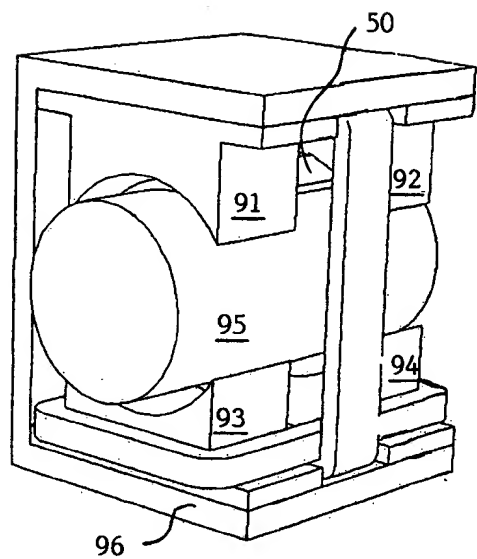


Fig. 24

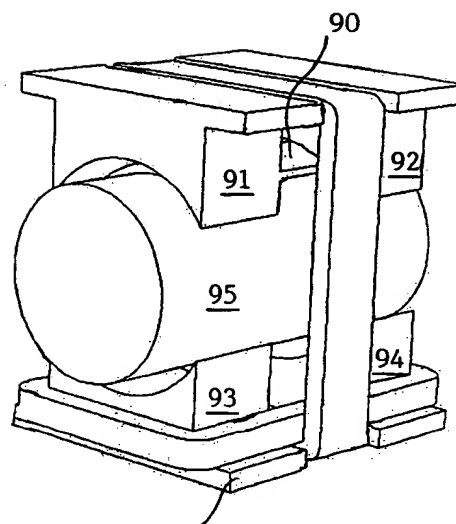


Fig. 25

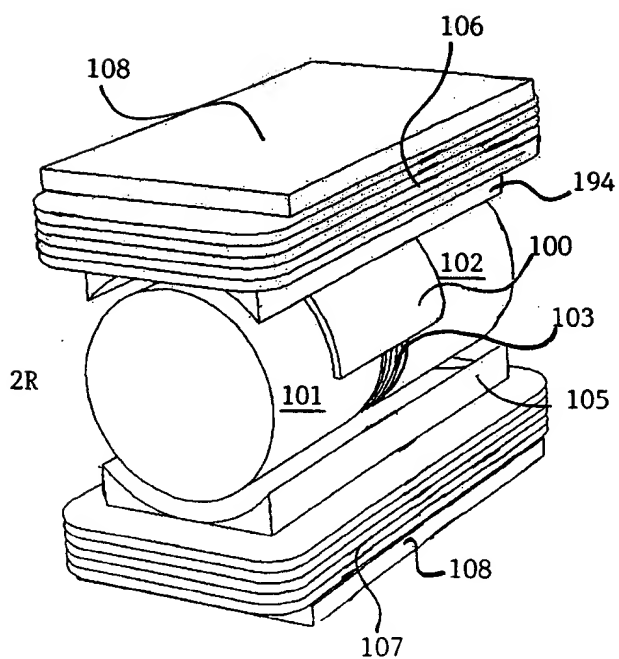
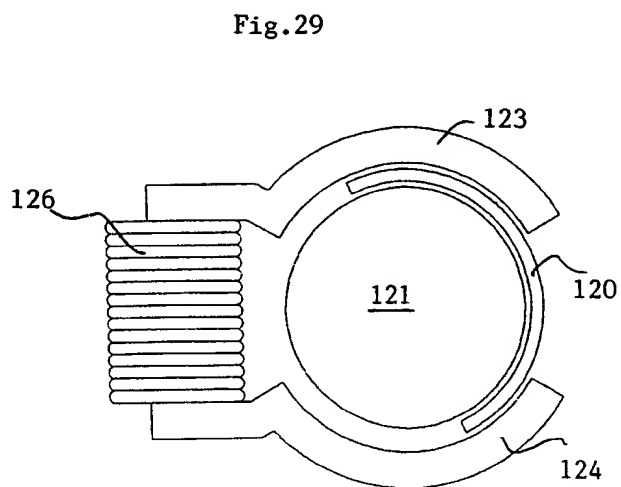
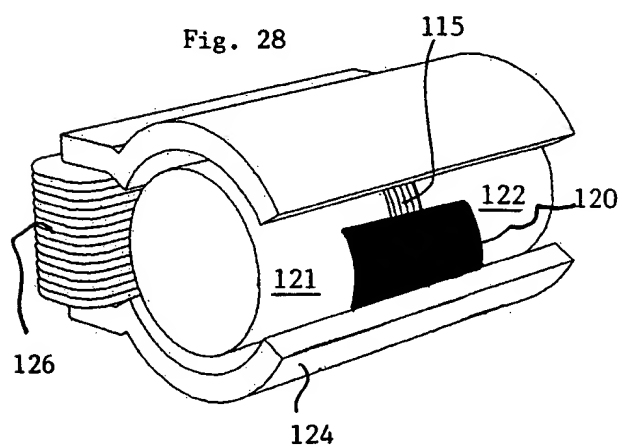
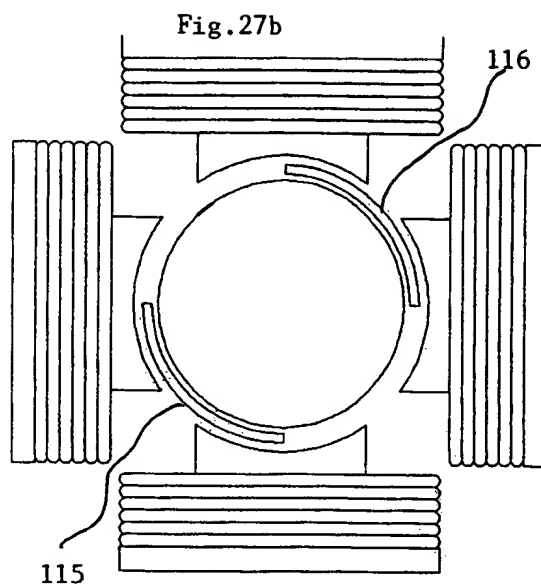
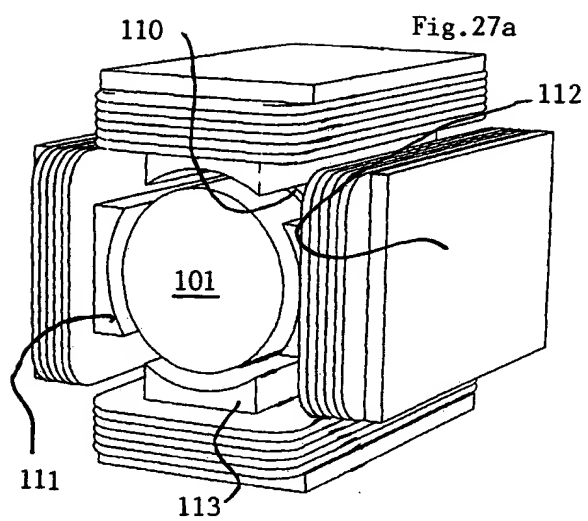


Fig. 26

9/15



10/15

Fig.30

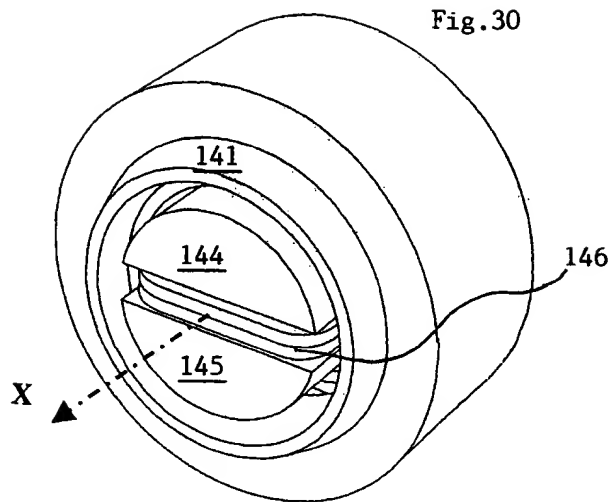


Fig.31

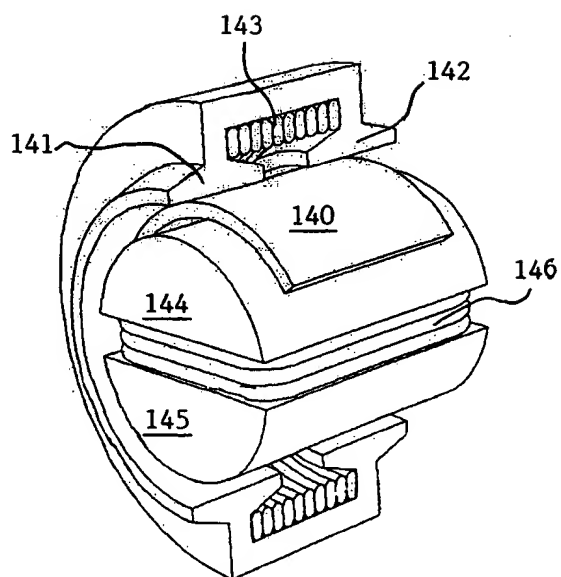
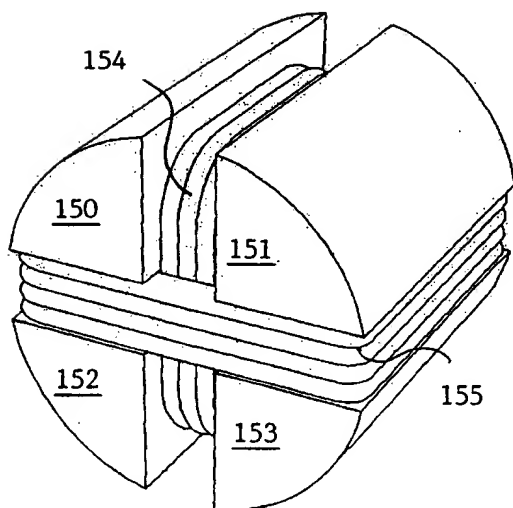


Fig.32



11/15

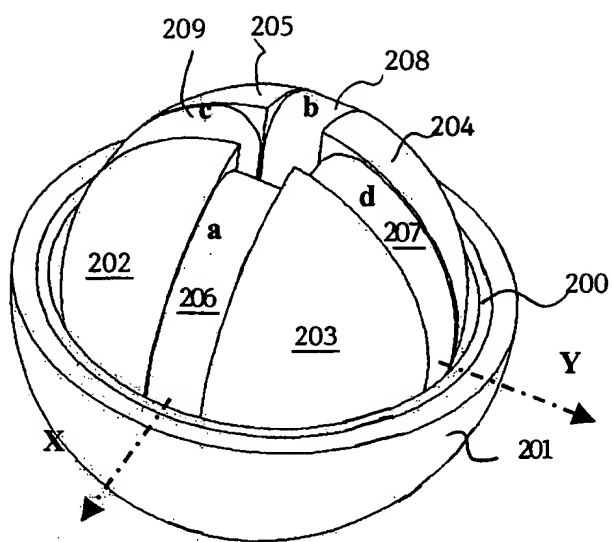


Fig. 33

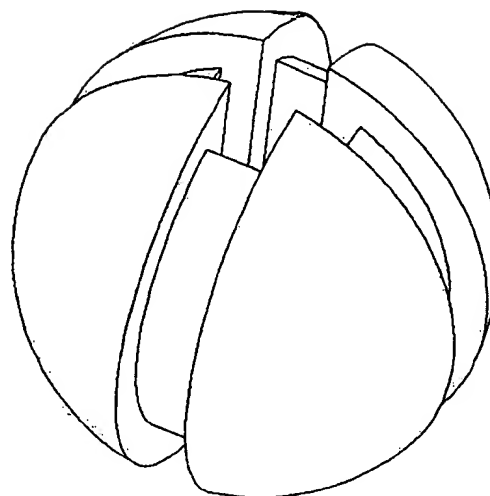


Fig. 34

12/15

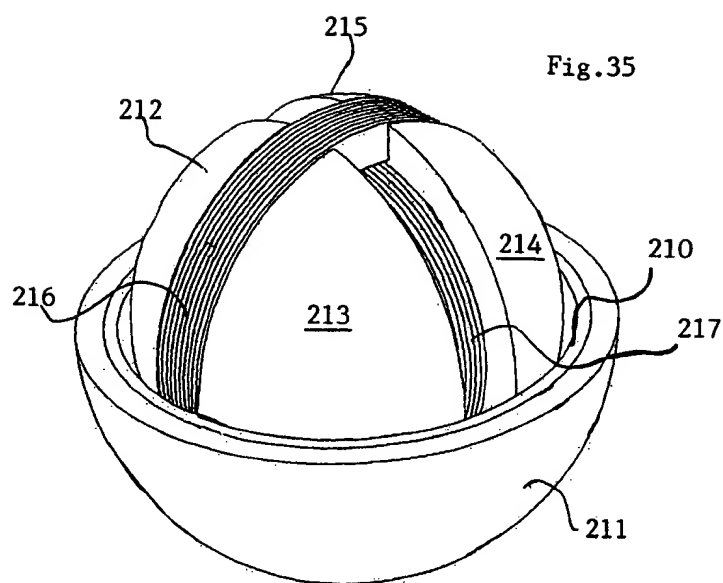
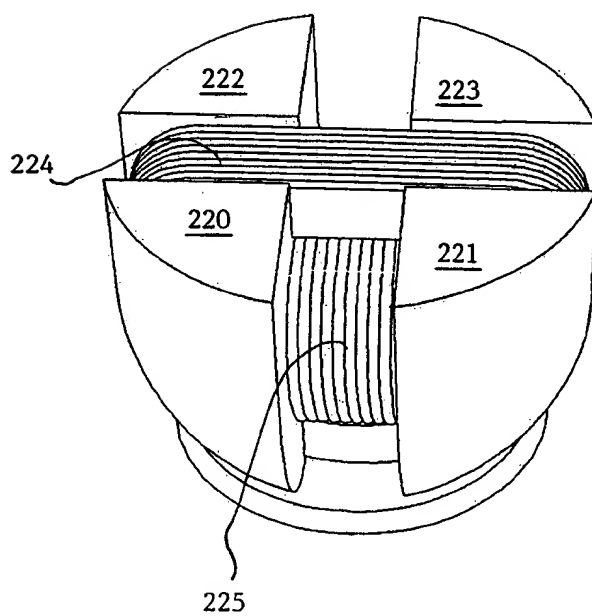


Fig.36



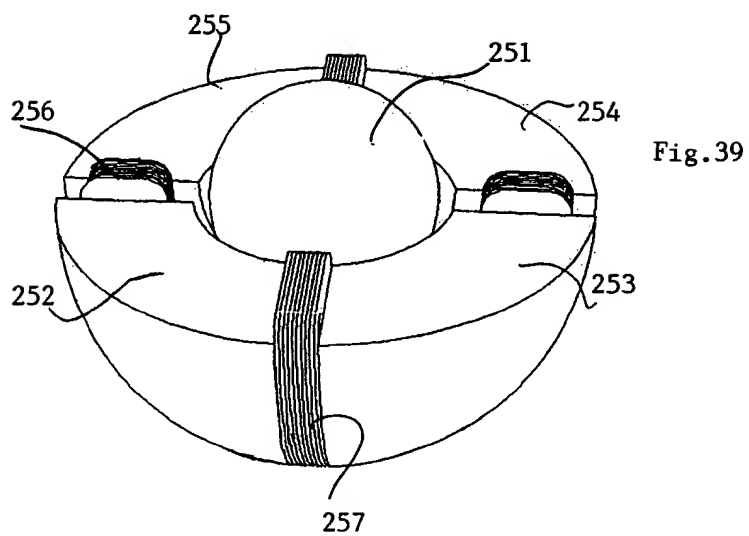


Fig. 40

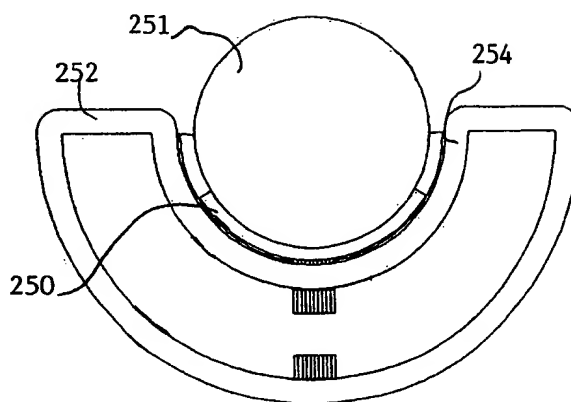


Fig. 41

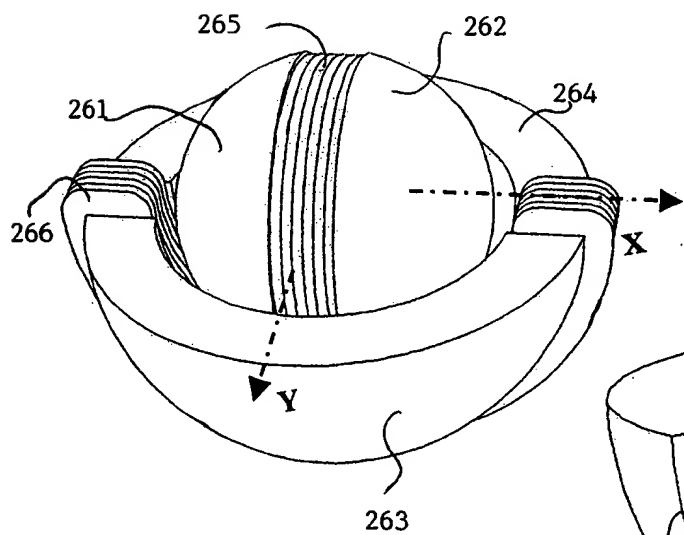
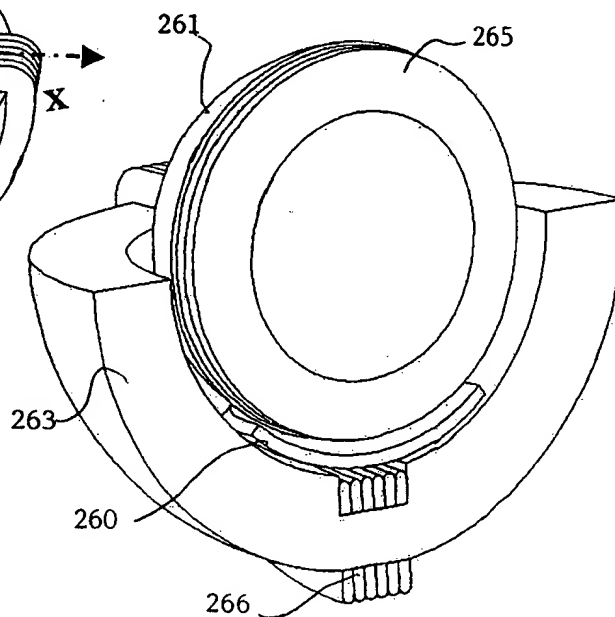


Fig. 42



14/15

Fig. 37

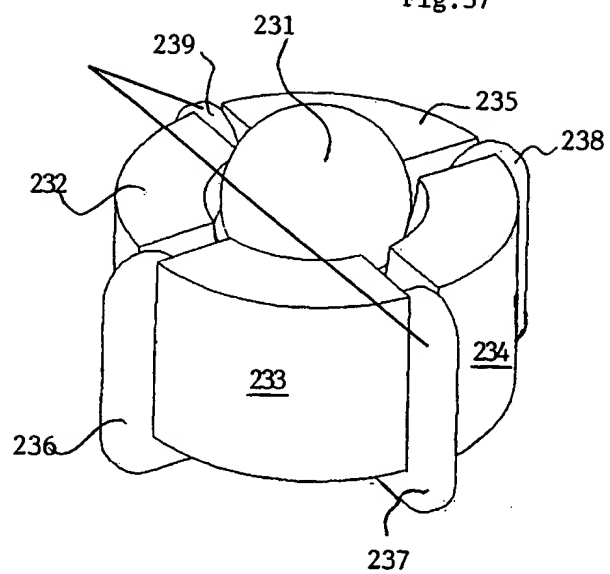


Fig. 38

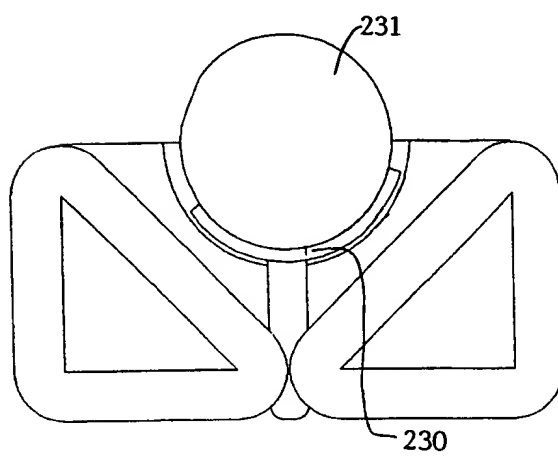


Fig.44

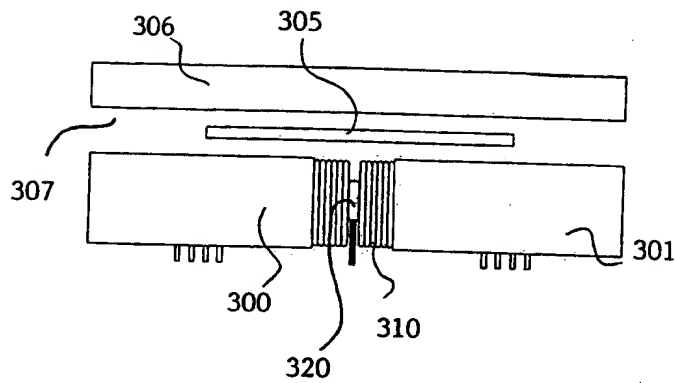
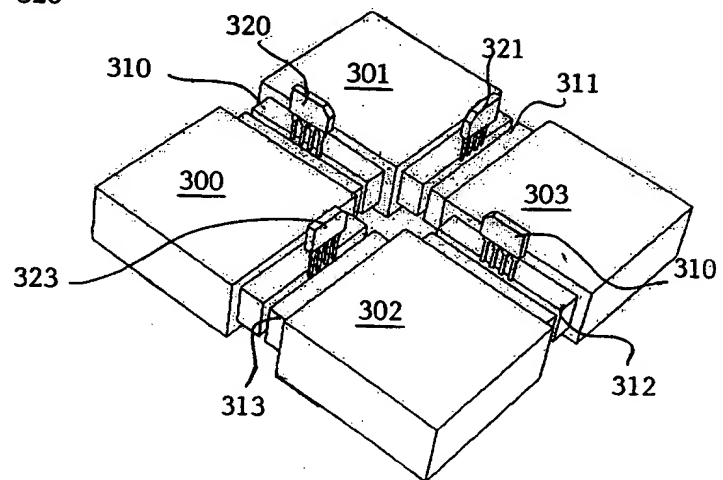


Fig.43



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No

PCT/FR 99/02771

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01F7/16 H01F7/17

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 30 37 648 A (JENOPTIK JENA GMBH) 30 April 1981 (1981-04-30) page 22, last paragraph -page 23, paragraph 1	1-4
X	US 5 062 095 A (YANAGISAWA MICHIO ET AL) 29 October 1991 (1991-10-29) column 4, line 25 -column 6, line 50; figures 1-8	1-4, 7-10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 085 (E-591), 17 March 1988 (1988-03-17) & JP 62 221856 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP), 29 September 1987 (1987-09-29) abstract	11-15
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 January 2000

Date of mailing of the international search report

28/01/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2260 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Vanhulle, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Patent Application No
PCT/FR 99/02771

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 221 228 A (TRIUMPH ADLER AG) 13 May 1987 (1987-05-13)	
A	EP 0 091 685 A (POLAROID CORP) 19 October 1983 (1983-10-19)	
A	US 4 602 848 A (HONDS LEO ET AL) 29 July 1986 (1986-07-29)	
A	US 5 600 189 A (VAN GEEL JOHANNES M A M ET AL) 4 February 1997 (1997-02-04)	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/02771

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3037648 A	30-04-1981	DD 146525 A	11-02-1981
		JP 56088666 A	18-07-1981
US 5062095 A	29-10-1991	JP 1294234 A	28-11-1989
		JP 2699438 B	19-01-1998
		FR 2640828 A	22-06-1998
		NL 8900188 A	16-02-1990
		JP 1158629 A	21-06-1989
		JP 2699426 B	19-01-1998
JP 62221856 A	29-09-1987	JP 1978303 C	17-10-1995
		JP 7014269 B	15-02-1995
EP 0221228 A	13-05-1987	DE 3538017 A	30-04-1987
		JP 62104468 A	14-05-1987
EP 0091685 A	19-10-1983	US 4458227 A	03-07-1984
		AT 28954 T	15-08-1987
		CA 1190582 A	16-07-1985
		JP 58186913 A	01-11-1983
US 4602848 A	29-07-1986	DE 3234288 A	22-03-1984
		EP 0103929 A	28-03-1984
		JP 1867061 C	26-08-1994
		JP 5074133 B	15-10-1993
		JP 59072658 A	24-04-1984
US 5600189 A	04-02-1997	DE 69501251 D	29-01-1998
		DE 69501251 T	04-06-1998
		EP 0723717 A	31-07-1996
		WO 9602972 A	01-02-1996
		JP 9503379 T	31-03-1997

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Des. Internationale No

PCT/FR 99/02771

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01F7/16 H01F7/17

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 30 37 648 A (JENOPTIK JENA GMBH) 30 avril 1981 (1981-04-30) page 22, dernier alinéa -page 23, alinéa 1	1-4
X	US 5 062 095 A (YANAGISAWA MICHIO ET AL) 29 octobre 1991 (1991-10-29) colonne 4, ligne 25 -colonne 6, ligne 50; figures 1-8	1-4, 7-10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 085 (E-591), 17 mars 1988 (1988-03-17) & JP 62 221856 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP), 29 septembre 1987 (1987-09-29) abrégé	11-15
A	EP 0 221 228 A (TRIUMPH ADLER AG) 13 mai 1987 (1987-05-13)	
	-/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

20 janvier 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

28/01/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Vanhulle, R

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 091 685 A (POLAROID CORP) 19 octobre 1983 (1983-10-19)	
A	US 4 602 848 A (HONDS LEO ET AL) 29 juillet 1986 (1986-07-29)	
A	US 5 600 189 A (VAN GEEL JOHANNES M A M ET AL) 4 février 1997 (1997-02-04)	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Des. de l'Internationale No

PCT/FR 99/02771

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 3037648 A	30-04-1981	DD 146525 A JP 56088666 A	11-02-1981 18-07-1981
US 5062095 A	29-10-1991	JP 1294234 A JP 2699438 B FR 2640828 A NL 8900188 A JP 1158629 A JP 2699426 B	28-11-1989 19-01-1998 22-06-1998 16-02-1990 21-06-1989 19-01-1998
JP 62221856 A	29-09-1987	JP 1978303 C JP 7014269 B	17-10-1995 15-02-1995
EP 0221228 A	13-05-1987	DE 3538017 A JP 62104468 A	30-04-1987 14-05-1987
EP 0091685 A	19-10-1983	US 4458227 A AT 28954 T CA 1190582 A JP 58186913 A	03-07-1984 15-08-1987 16-07-1985 01-11-1983
US 4602848 A	29-07-1986	DE 3234288 A EP 0103929 A JP 1867061 C JP 5074133 B JP 59072658 A	22-03-1984 28-03-1984 26-08-1994 15-10-1993 24-04-1984
US 5600189 A	04-02-1997	DE 69501251 D DE 69501251 T EP 0723717 A WO 9602972 A JP 9503379 T	29-01-1998 04-06-1998 31-07-1996 01-02-1996 31-03-1997